

Ville Pitkäkangas

MOBILE MULTITOUCH

Mobiililaitteen ja monikosketusnäytön väliset vuorovaikutusmenetelmät

Opinnäytetyö

KESKI-POHJANMAAN AMMATTIKORKEAKOULU

Tietotekniikan koulutusohjelma

Helmikuu 2012



TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

Yksikkö Ylivieska	Aika helmikuu 2012	Tekijä/tekijät Ville Pitkäkangas
Koulutusohjelma Tietotekniikka		
Työn nimi MOBILE MULTITOUCH. Mobiililaitteen ja monikosketusnäytön väliset vuorovaikutusmenetelmät.		
Työn ohjaaja Mika Luimula		Sivumäärä 81
Työelämäohjaaja Jussi Väisänen		
<p>Työssä tutkittiin, miten mobiililaitte ja monikosketusnäyttö voisivat toimia yhdessä. Siinä toteutettiin ohjelmisto, jossa hyödynnettiin kyseisiä laitteita. Tutkimusaihe liittyi CENTRIA Tutkimus ja Kehityksen sekä Oulun Eteläisen Instituutin keskeisiin teemoihin.</p> <p>Työn aiheena oli mobiililaitteen ja monikosketusnäytön välisten vuorovaikutusmenetelmien ohella niihin liittyvän langattoman tiedonsiirron sekä käytettävyyden tutkiminen ja kehittäminen. Tavoitteena oli tehdä näitä laitteita hyödyntävä ohjelmisto sekä ratkaista mobiililaitteen ja monikosketusnäytön väliseen vuorovaikutukseen liittyviä ongelmia sekä tutkia tällaisen teknologian käytettävyyttä. Oulun Eteläisen Instituutti vastasi käytettävyyss-testeistä.</p> <p>Ensisijaisena menetelmänä oli Nokia N900 -puhelinta ja Multitouch Cell -monikosketusnäyttöä käyttävän sovelluksen toteuttaminen. Siinä käyttäjä nauhoittaa mediatiedostoja mobiililaitteella ja tekee niistä esityksiä monikosketusnäytöllä. Toteutuksessa käytettiin pääasiassa C++-ohjelmointikieltä ja Qt-kehitysympäristöä. Näiden lisäksi käytettiin GStreamer-kirjastoja mediatiedostojen tallentamisessa sekä Google Maps -ohjelmointirajapintaa niiden esittämisessä kartalla. Aihetta pohdittiin myös mobiili- ja monikosketusteknologia-, tietoliikenne- sekä käytettävyysskirjallisuuden pohjalta.</p> <p>Tuloksena syntyi toimiva mobiililaitteen ja monikosketusnäytön välistä vuorovaikutusta hyödyntävä ohjelmisto, jonka lisäksi saatiin aiheeseen liittyvää tietoa. Kehitetyn sovelluksen tapauksessa mobiililaitteiden ja monikosketusnäytön väliseen vuorovaikutukseen Wi-Fi:n mukaisten, TCP-pohjaisia protokollia hyödyntävien palvelin-asiakas-tyyppisten ratkaisujen pääteltiin toimivan parhaiten. Käytettävyydessä luonnollisuus ja tehokkuus nähtiin tärkeäksi. Useiden resurssien hyödyntämisen ja käyttäjän huomion jakautumisen niiden kesken pääteltiin korostavan johdonmukaisuutta ja olennaiseen informaatioon keskittymistä koskevien yleisten suunnitteluperiaatteiden merkitystä tässä työssä toteutetun sovelluksen kaltaisissa järjestelmissä.</p>		
Asiasanat käytettävyyss, mobiililaitte, monikosketus, ohjelmointi, tiedonsiirto, vuorovaikutus		

ABSTRACT

CENTRAL OSTROBOTHNIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES	Date February 2012	Author Ville Pitkäkangas
Degree programme Information Technology		
Name of thesis MOBILE MULTITOUCH. Interaction Methods between a Mobile Device and a Multi-Touch Screen.		
Instructor Mika Luimula		Pages 81
Supervisor Jussi Väisänen		
<p>In this thesis, research was made on how a mobile device and a multi-touch screen could work together. The objective of this research was a part of CENTRIA Research and Development and Oulu Southern Institute's contemporary themes.</p> <p>Apart from the interaction methods, the subjects of this study were research and development of related wireless data transfer as well as usability. The objective was to develop an application which uses both the mobile device and the multi-touch screen, solve problems in interaction between said devices and study usability related to this technology. The usability tests were conducted by Oulu Southern Institute.</p> <p>The primary research method was to develop an application which uses the Nokia N900 smartphone and the Multitouch Cell multi-touch display. The former records media clips and images while the latter presents those files as well as narratives created from them. The implementation was done mostly using C++ programming language and Qt development environment. In addition, GStreamer libraries were used for recording media and Google Maps API in displaying the files on a map. The topic was also studied using literature related to mobile and multi-touch technology, telecommunications and usability.</p> <p>The result of this thesis was an application which utilizes interaction between a mobile device and a multi-touch screen. In addition, some related information was found. In the case of the developed application, Wi-Fi-compliant, TCP-based server/client models were found to work best. As to usability, natural interfaces and efficiency were considered vital as well as traditional design principles about consistency and focusing on essential data.</p>		
Key words data transfer, interaction, mobile device, multi-touch, programming, usability		

KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY

1G, 2G, 3G, 4G, 5G	First Generation, Second Generation, Third Generation, Fourth Generation, Fifth Generation; ensimmäinen, toinen, kolmas, neljäs ja viides sukupolvi, käytetään matkaviestinteknologian kehitysvaiheista
AAC	Advanced Audio Coding, eräs äänenpakkausmenetelmä
API	Application Programming Interface eli ohjelmointirajapinta on lähdekoodipohjainen määrittely, jonka mukaan eri ohjelmistojen osat voivat keskustella yhdessä.
CENTRIA	CENTRIA Tutkimus ja Kehitys
CLI	Command Line Interface, komentorivipohjainen käyttöliittymä
FTP	File Transfer Protocol, tiedostonsiirtoprotokolla
GPRS	Group Packet Radio System, eräs matkapuhelinverkon tiedonsiirtotekniikka
GPS	Global Positioning System, satelliitteihin perustuva paikannusjärjestelmä
GUI	Graphical User Interface, graafinen käyttöliittymä
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineering
Informaatioekologia	Tietyssä paikassa oleva mm. ihmisen, käytäntöjen ja teknologian järjestelmä, jossa tietotekniikan sovellukset hyödyntävät käyttäjiensä osaamista, muita tietokoneita, fyysistä maailmaa (esim. tiedonhankinta puhelimen kameralla), paikka- ja aikatie-toa ym.
ITU	International Telecommunication Union
JPEG	Joint Photographic Experts Group, grafiikanpakkausmenetelmä, jota käytetään usein digitaalisten valokuvien tallentamisessa
Kapasitiivinen	Kapasitanssiin (jännitteenmuutostenvastustuskykyyn) perustuva; kosketusteknologiassa menetelmä, jossa painallus muuttaa sähkökenttää, mikä mitataan kapasitanssieroina, joista edelleen päätellään kosketuspisteiden sijainnit
Kodekki	Yleensä kuva- tai äänisignaalia pakkaava ja purkava algoritmi tai tietokoneohjelma

Kontekstitietoisuus	Tietokoneen kyky tunnistaa esimerkiksi ympäristöön liittyviä asioita, kuten aika, paikka ja saatavilla olevat tietoverkot
Käytettävyys	Tuotteen käytön helppous ja miellyttävyys sekä se, miten tuote auttaa käyttäjää etenemään kohti tämän haluamaa lopputulosta
LTE	Long-Term Evolution, eräs nopea tiedonsiirtotekniikka
Läsnä-äly	Englanniksi ubiquitous computing, kaikkialla olevaa tietotekniikkaa, joka sulautuu ympäristöönsä ja toimii huomaamattomasti käyttäjäänsä häiritsemättä
Metadata	Metatieto on tietoa, joka kuvailee tai määrittää jotain muuta tietoa tai sisältöä; tässä opinnäytetyössä tehdyn sovelluksen tapauksessa metadatalle tai metatiedolle tarkoitetaan tiedostojen nimeä sekä luontipaikkaa ja -aikaa
Monipisteyhteys	Englanniksi point-to-multipoint, yhteys, jossa verkon laite lähettää viestin monelle vastaanottajalle yhtäaikaaisesti
MP4	Moving Picture Experts Group – 4 Part 14, eräs tiedostomuoto, joka voi sisältää videokuvaa ja ääntä sekä joskus myös tekstityksen
NUI	Natural User Interface eli luonnollinen käyttöliittymä on malli, jonka mukaan tietokoneen käyttö on helposti opittavissa ja vastaa ihmisen kykyjä ja vuorovaikutusta fyysisen maailman kanssa.
OCGM	Objects, Containers, Gestures and Manipulations eli objektit, säiliöt, eleet ja manipulaatiot ovat luonnollisen käyttöliittymän pohjaksi ehdotetut elementit. Objekti on joko fyysinen tai digitaalinen käyttöliittymäelementti, säiliö on objektiryhmä; ele on toiminto, jolla käyttäjä käynnistää jonkin ohjelman toiminnon; ja manipulaatio on käyttäjän tekemä, suoraan johonkin objektiin vaikuttava toimenpide
OEI	Oulun Eteläisen Instituutti
Optinen	Valo-opillinen, valoon perustuva; kosketustekniikka, jossa kosketuspinnalle lähetetään infrapunavaloa, jonka säteiden katkeamisesta selvitetään kosketuspisteet ja niiden ominaisuudet, kuten sijainti, muoto ja koko

PDA	Personal Digital Assistant, henkilökohtainen digitaalinen avustaja, esimerkiksi kämmentietokone
PPO	Pohjanmaan Puhelinosuuskunta
Protokolla	Yhteyskäytäntö; tapa, jolla verkon laitteet tai ohjelmat viestivät keskenään. Protokollassa on määritelty sanomien lähetys sekä niihin reagoiminen ja vastaaminen.
Resistiivinen	Resistanssiin (sähkövirranvastustuskykyyn) perustuva; kosketusteknologiassa menetelmä, jossa painallus sulkee sähköpiirin, jolloin laite päättää kosketuksen sijainnin
Syöttölaite	Laite, jolla käyttäjä syöttää dataa tietokoneeseen
TCP	Transfer Control Protocol, yhteydellinen ja luotettava tapa siirtää dataa laitteelta tai ohjelmalta toiselle
TUIO	Tangible User Interface Object, kosketuskäyttöliittymien elementti
Työpöytäympäristö	GUI, jossa tiedostoja ja kansioita voidaan säilyttää, muokata ja siirtää kuten fyysisellä työpöydällä ja jonka kautta käyttöjärjestelmän ominaisuuksia yleensä päästään muuttamaan
Ubiikkiteknologia	Jokapaikan tietotekniikkaa, ks. Läsnä-äly
UDP	User Datagram Protocol, yhteydetön ja nopea tapa siirtää pieniä datamääriä laitteelta tai ohjelmalta toiselle
WAV	WAVE eli Waveform Audio File Format, äänen tallentamiseen käytettävä tiedostomuoto
WIMP	Windows, Icons, Menus, Pointing Devices eli ikkunat, kuvakkeet, valikot ja osoitinlaitteet; GUI:n peruselementit
WLAN	Wireless Local Area Network, langaton lähiverkko
Älypuhelin	Laite, jossa on sekä matkapuhelimen että PDA:n ominaisuuksia

TIIVISTELMÄ
ABSTRACT
KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY
SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 MOBIILITEKNOLOGIA	4
2.1 Mobiilijärjestelmien kehitys	4
2.2 Tekniikan nykytila	9
2.3 Mobiililaitteiden ominaisuuksia	10
2.4 Sovelluksia	14
2.5 Huomioitavaa käyttöliittymäsuunnittelussa	15
3 MONIKOSKETUSTEKNOLOGIA	17
3.1 Monikosketustekniikan kehitys	17
3.2 Teknologian nykytila	19
3.3 Monikosketusnäyttöjen toimintaa	20
3.4 Sovelluksia	27
3.5 Huomioitavaa käyttöliittymäsuunnittelussa	28
4 LAITTEIDEN VÄLINEN VUOROVAIKUTUS	30
4.1 Tietoverkot	30
4.2 Tiedonsiirto	35
4.3 Vuorovaikutustapoja	37
4.3.1 Automaattinen	37
4.3.2 Graafinen käyttöliittymä	38
4.3.3 Luonnollinen käyttöliittymä	39
4.4 Sovelluksia	41
4.4.1 Tiedon ja tiedostojen jako	42
4.4.2 Monikosketusnäytön käyttö mobiililaitteella	42
4.4.3 Paikannus ja paikkatiedon esittäminen	43
4.5 Huomioitavaa käyttöliittymäsuunnittelussa	44
5 TOTEUTETTU SOVELLUS	46
5.1 Mediatiedostojen nauhoitus ja metadatan kirjoitus	48
5.2 Tiedonsiirto monikosketusnäytölle	51
5.3 Karttapohja ja mediatiedostot	54
5.4 Aikajana ja mediatiedostot	58
5.5 Mediaesityksen katsominen	59
5.6 Mediaesityksen tallentaminen ja lataaminen	63
5.7 Monikosketuseleet käyttöliittymän osana	64
5.8 Kiihtyvyysanturit käyttöliittymän osana	66
5.9 Laitteiden välisen vuorovaikutuksen toteutus ja testaus	68
6 TULOKSET JA POHDINTA	71
LÄHTEET	76

KUVIOT

KUVIO 1. Mobile Multitouch -järjestelmä	46
KUVIO 2. Mobiiliohjelman käyttöliittymä	48
KUVIO 3. Medianauhuri-sovelluksen liukuhihnat	50
KUVIO 4. Medianauhurin käyttöliittymä	50
KUVIO 5. Vuorovaikutusohjeet	53
KUVIO 6. Tiedostonsiirtonäkymä	53
KUVIO 7. Monikosketussovelluksen käyttöliittymä	55
KUVIO 8. Paikkatietomuunnokset	56
KUVIO 9. Metadatanäkymä	57
KUVIO 10. Yksittäisen tiedoston käynnistyminen ja toisto	59
KUVIO 11. Mobile Multitouch -ohjelman mediantoistonäkymä	61
KUVIO 12. Esityksien avaaminen ja tallentaminen	63
KUVIO 13. Kosketuseleet	66
KUVIO 14. Kiihtyvyyssanturieleet	68
KUVIO 15. Vuorovaikutustapahtumat	70

1 JOHDANTO

Teknologian kehitys on ollut 2000-luvun aikana hyvin nopeaa varsinkin tietotekniikan alalla, jossa uusia innovaatioita tehdään hyvin usein ja jossa ne myös leviävät käyttäjien keskuuteen suhteellisen helposti. Viime aikoina erityisesti mobiililaitteet ja monikosketusnäytöt sekä niihin liittyvä teknologia eri sovelluksineen ovat saaneet osakseen paljon huomiota niin kehittäjiltä kuin käyttäjiltäkin.

Mobiililaitte on pienikokoinen tietotekniikkaa sisältävä laite, jota voidaan kuljettaa mukana, jonka käyttö on suhteellisen riippumaton ajasta sekä paikasta ja joka usein on liittynyt jossain langattomassa verkossa. Tällaisia laitteita ovat muun muassa matkapuhelimet, kannettavat Internet-päätteet sekä kämmen-, tasku- ja taulu- eli tablet-tietokoneet. Jotkut määritelmät voivat sisältää myös esimerkiksi pienet näyttölaitteet tai langattomat sensorit, mutta tässä työssä mobiililaitteella tarkoitetaan useimmiten matkapuhelinta, kannettavaa Internet-päätettä, pientä mukana kuljetettavaa tietokonetta tai vastaavaa laitetta, jonka voi yhdistää langattomaan verkkoon. Nykyaikaiset mobiililaitteet ovat yleensä erittäin monipuolisia ominaisuuksiltaan, joiden hyödyntämiseen on useita mahdollisuuksia.

Monikosketus on useita yhtäaikaista kosketuksia tukeva ja hyödyntävä tekniikka, joka on yleensä tarkoitettu tietoteknisten laitteiden käyttöön ja hallintaan. Monikosketusnäyttö on eräs tämän teknologian sovellus ja tunnistaa siis usean samanaikaisen kosketuksen. Monikosketusnäytössä yhdistyy tiedon syöttäminen ja esittäminen. Joissakin uusissa mobiililaitteissa on tällainen näyttö, mutta on myös pöytätietokoneelle kehitettyjä monikosketusnäyttöjä. Tässä työssä keskitytään jälkimmäisiin sekä yleisesti mobiiliteknologiaan.

Opinnäytetyön taustatekijöinä on nykyaikaisten mobiili- ja monikosketusteknologioiden kehittyminen ja yleistyminen sekä niistä johtuva aiheen ajankohtaisuus. Varsinkin näitä tekniikoita hyödyntävien laitteiden välinen vuorovaikutus on uusi asia, joka sisältää monenlaisia esimerkiksi sovellusten kehittämiseen ja käytettävyyteen liittyviä mahdollisuuksia. Aihe on siis yleisesti merkittävä ja kiinnostaa useita asiantuntijoita. Se myös liittyy Keski-Pohjanmaan ammattikorkeakoulun tutkimus- ja kehitysyksikkö CENTRIAn sekä Oulun Eteläisen Instituutin yhteisiin teemoihin.

Työn tavoitteet voidaan esittää tutkimuskysymyksinä: Miten mobiililaitetta ja monikosketusnäyttöä voitaisiin käyttää yhdessä? Millaisia vuorovaikutusmenetelmiä tähän liittyy? Miten mahdolliset tähän kytkeytyvät ongelmat voidaan ratkaista? Kuinka löydettyjä vuorovaikutustapoja voitaisiin soveltaa mobiililaitetta ja monikosketusnäyttöä hyödyntävissä ohjelmistoissa? Minkälaista käytettävyyttä tällaisiin sovelluksiin ja aiheen mukaiseen teknologiaan liittyy ja miten sitä voisi kehittää? Työn tilaajana toiminut Oulun Eteläisen Instituutti vastasi käytettävyyttä koskevista tutkimusongelmista.

Mobiili- ja monikosketusteknologioiden leviämisen taustalla on toisaalta elektroniikan nopea kehitys, jonka ansiosta hyvinkin kehittyneiden ja monenlaisten ominaisuuksien sekä toimintojen toteuttaminen on paitsi mahdollista myös kohtuullisen helppoa. Toisaalta valmistus- ja hankintakustannusten aleneminen on vaikuttanut tekniikan yleistymiseen myös kuluttajatasolle. Lisäksi ohjelmistotekniikan ja -tuotannon kehittyminen on vaikuttanut myönteisesti tähän suuntaukseen – entistä parempien laiteajurien ja -ohjelmien valmistamisen ohella se on mahdollistanut edelleen sovelluskehittämisen helpottumisen. Teknologioiden yleistymisestä on seurannut käyttäjämäärien kasvu. Nykyaikaiseen monikosketus- ja mobiiliteknologiaan liittyy olennaisesti luonnollisen käyttöliittymän käsite, joka sisältää ajatuksen tuotteen intuitiivisesta käytöstä. Kun laitteiston, ohjelmiston tai niiden muodostaman järjestelmän omaksuminen on helppoa ja nopeaa, se voi hyvinkin mahdollisesti (sopivissa olosuhteissa) saada paljon käyttäjiä.

Tässä työssä esitellään ohjelmisto, johon sisältyy mediatiedostojen tallentaminen mobiililaitteella sekä niiden siirtäminen monikosketusnäytölle, jossa ne näytetään käyttäjän käsiteltävissä olevalla karttapohjalla paikkatietojen mukaisesti ja jolta voidaan katsoa niistä koottuja esityksiä. Toteutettava ohjelmisto kehitettiin esittelyasteelle. Siihen tehtiin vain yhden käyttäjän tunnistus kerrallaan. Myös mobiilisovellus toteutettiin vain yhdenlaiselle laitteelle. Lisäksi ohjelmistossa hyödynnetään vain muutamaa vuorovaikutusmenetelmää, joita ovat tiedostojen siirto sekä muutaman kiihtyvyysanturin avulla tehtävän eleen tuloksen välitys monikosketusnäytölle.

Kahdessa seuraavassa luvussa käsitellään ensin mobiili- ja sitten monikosketusteknologian kehitystä, nykytilaa, ominaisuuksia ja toimintaperiaatteita, sovelluksia sekä käyttöliittymäsuunnittelua. Neljännessä luvussa selvitetään työn keskeisintä aihetta, mobiililaitteen ja monikosketusnäytön välisiä vuorovaikutusmenetelmiä. Tätä pohditaan ensin tietoverkko-

jen ja tiedonsiirron näkökulmasta. Sen jälkeen käsitellään vuorovaikutusmenetelmiä käyttäjän kannalta katsottuna. Sitten esitellään muutama sovellus. Paikannuksella ja paikkatiedon käyttämisellä on merkittävä osa tässä työssä toteutettavassa järjestelmässä, joten myös näiden soveltamista pohditaan. Lopuksi selvitetään lyhyesti mobiili- ja monikosketusteknologian vuorovaikutuksen käyttöliittymäsuunnittelua. Viidennessä luvussa esitellään toteutettu ohjelmisto, jossa sovelletaan tämän työn aihepiirin mukaista vuorovaikutusta. Lisäksi sen lopussa käydään läpi ohjelmiston testausprosessi tuloksineen. Kuudes ja viimeinen luku sisältää johtopäätökset. Siinä myös pohditaan työtä ja sen tuloksia sekä mahdollisia seurauksia.

2 MOBIILITEKNOLOGIA

Mobiililaitteet, kuten matkapuhelimet, ovat kehittyneet hyvin paljon. Niiden alkuperäinen käyttötarkoitus, viestiminen, on silti pysynyt jokseenkin muuttumattomana. Kuitenkin tähän on ajan mittaan keksitty uusia tapoja ja tekniikan kehittyessä muista ympäristöistä tuttuja menetelmiä on sovellettu myös mobiililaitteissa. Viestintä ei ole enää ainoa asia, johon esimerkiksi matkapuhelinta voidaan käyttää, vaan sen lisäksi laitteet ovat saaneet entistä enemmän ominaisuuksia ja niille on keksitty uusia sovelluskohteita. Myös vanhoja toimintoja on paranneltu. Mobiiliteknologian historian ja nykytilan keskeisiä piirteitä ovat laitteiden yleistyminen, tekniikan kehittyminen sekä monipuolistuminen ja sovellusten merkityksen korostuminen.

2.1 Mobiilijärjestelmien kehitys

Mobiilijärjestelmällä voidaan tarkoittaa joko yksittäistä mobiililaitetta ja sen ominaisuuksia sekä ohjelmistoja tai useiden mobiililaitteiden sekä niitä yhdistävän verkon ja sitä ylläpitävien järjestelmien kokonaisuutta. Molemmilla on lyhyehkö historia, mutta sen aikana on tapahtunut paljon kehitystä: mobiililaitteisiin on tullut uusia ominaisuuksia ja esimerkiksi tiedonsiirto on nopeutunut sekä paikannus tarkentunut. Mobiiliteknologia onkin käynyt läpi useita kehitysvaiheita, joita nimitetään myös sukupolviksi.

Ensimmäisten mobiilijärjestelmien käytön ajankohdasta on useita toisistaan eriäviä mielipiteitä. Nämä riippuvat muun muassa käsitteiden määrittelystä. Matt Jones ja Gary Marsden esittävät teoksessaan *Mobile Interaction Design* tulkinnan, jonka mukaan ensimmäiset mobiilijärjestelmien edeltäjät otettiin käyttöön vuonna 1946 Bell Labsin käynnistettyä radiopuhelinpalvelunsa. Siinä laitteet olivat sidoksissa ajoneuvoihin ja niitä käytti lähinnä pelastustoimihenkilöstö (Jones & Marsden 2006, 9). Toisen, mobiilihistoriaa käsittelevässä *Mobilen 50 år* -tapahtumassa esitetyn, tulkinnan mukaan mobiilijärjestelmiä alettiin käyttää vasta 1956, kun TeliaSonera ja Ericsson käynnistivät Ruotsissa Televerketin hallitsemman sekä maailman ensimmäisen täysin automaattisen matkapuhelinjärjestelmän (Mobilen 2006). Ensimmäiset mobiilijärjestelmät olivat syntyneet viimeistään tässä vaiheessa.

Pohjoismaiden puhelinverkkojen edustajat päättivät 1960-luvulla yhteisestä NMT-standardista, joka hyväksyttiin 1975 (Mobilen 2006). Samaan aikaan Motorolalla työskennellyt Martin Cooper sai patentin, joka liittyi solupohjaiseen langattoman viestinnän yleistävään matkapuhelinteknologiaan (Jones & Marsden 2006, 9). Sekä Motorolan että erityisesti Televerketin järjestelmistä kehittyi ensimmäinen mobiiliteknologiasukupolvi.

Vuosikymmenien kehitystyöstä huolimatta matkapuhelimet eivät yleistyneet 1970-luvun loppuun mennessä. Chris Zieglerin kirjoittamassa Engadget-tekniologiablogin artikkelissa kerrotaan, että leviäminen alkoi vasta 1980-luvulla, kun AMPS, NMT ja TACS esittelivät verkkoteknologiansa (Ziegler 2011). Ne mahdollistivat matkapuhelinten entistä pienemmän koon sekä paremman luotettavuuden ja siten sopivat useille käyttäjille. Niinpä tästä kehitysvaiheesta käytetään nimeä 1G eli ensimmäinen sukupolvi. (Ziegler 2011.)

Sekä Zieglerin että Institute of Electrical and Electronics Engineeringin (IEEE) mukaan 1G-matkapuhelinverkot olivat vielä täysin analogisia ja tarkoitettu pääosin puheluiden välittämiseen eivätkä soveltuneet suurten tietomäärien siirtoon (Ziegler 2011; IEEE 2005). Lisäksi IEEE:n Macaon-osaston Internet-sivulla alkuperäisen mobiiliteknologian mainitaan olevan piirikytkentäinen, osittain epäluotettava sekä äänenlaadultaan ja turvallisuudeltaan huono (IEEE 2005). Piirikytkentäisyys on verkon toimintamalli, joka sopii puheen ja äänen välittämiseen paremmin kuin datan. Matkapuhelinverkkoa ei siis alun perin suunniteltu datansiirtoon. Ensimmäisen sukupolven mobiiliteknologian puutteista huolimatta sitä pidetään merkittävänä pohjana seuraaville – myös nykyisille – mobiilijärjestelmille (Ziegler 2011; Mobilen 2006). Matkaviestinjärjestelmän perusta oli hyvin suunniteltu.

Toinen mobiilisukupolvi, 2G, otettiin käyttöön 1990-luvun alussa (Ziegler 2011; Mobilen 2006). Ensimmäisestä poiketen se oli täysin digitaalinen (Ziegler 2011; IEEE 2005). Siinä oli entistä parempi äänenlaatu, turvallisuus ja kokonaiskapasiteetti (Ziegler 2011). Muita parannuksia ovat IEEE:n esittämät lisääntynyt vakaus ja häiriöttömyys. Toiseen sukupolveen kuuluu uusiakin toimintoja kuten tekstiviestit ja soittajan tunnistaminen. (IEEE 2005.) Myös digitaalisuuteen siirtyminen on merkittävä muutos. Kehitysluetteloa voidaan vielä täydentää pakettikytkentäisyydellä, joka tosin ei ollut kiinteä osa standardia (Ziegler 2011). Muunkin datan kuin puheen siirto siis onnistui verkossa. Tämän sukupolven tekniikoista GSM:stä tuli lähes maailmanlaajuinen menestys.

GSM on menestynyt myös Suomessa. Rita Landströmin kirjoittamassa artikkelissa kerrotaan, että Nokia toimitti Radiolinjalle maailman ensimmäisen tähän teknologiaan perustuvan verkon. Se avattiin 1.7.1991, jolloin silloinen Suomen Pankin johtaja Harri Holkeri soitti GSM-puhelun tuolloin Tampereen apulaiskaupunginjohtajana toimineelle Kaarina Suoniolle. (Landström 2008.) Suomi oli siis edelläkävijä GSM-tekniikassa.

Toisen ja kolmannen sukupolven välissä oli 2.5G:nä tunnettu kehitysvaihe. Tämän sukupolven ehkä merkittävin uudistus oli vuonna 1997 julkistettu Group Packet Radio System (GPRS), joka mahdollisti koko ajan käytössä olevat datapalvelut (Ziegler 2011). Myös huomattavasti kasvaneet siirtonopeudet sekä Internet-yhteys olivat merkittäviä parannuksia (IEEE 2005; Ziegler 2011). On määritelty vielä yksi 3G:tä edeltävä kehitysvaihe. Jotkut pitävät EDGE-tekniikkaa niin merkittävänä, että käyttävät siitä nimitystä 2.75G (Ziegler 2011). Tämä jäi todennäköisesti viimeiseksi toisen mobiilisukupolven tekniikoista.

Kolmas sukupolvi, 3G, otettiin käyttöön 2000-luvun alussa. Sen verkoilta vaadittiin paitsi suuria nopeuksia myös yhteensopivuutta 2G-teknologian kanssa, jotta siirtymä olisi sujuvaa (Ziegler 2011). Lisäksi 3G-verkon kapasiteetti on suurempi kuin edellisen sukupolven tekniikoissa, mikä mahdollistaa entistä nopeamman tiedonsiirron (IEEE 2005).

Datansiirto onkin 3G:n keskeisimpiä ominaisuuksia. IEEE:n mukaan kyseinen sukupolvi on kokonaan pakettikytkentäinen, jolloin myös puhe muunnetaan digitaalseksi dataksi. Se on piirikytkentäistä tehokkaampi ja nopeampi, mutta vaatii osittain erilaisen infrastruktuurin kuin 2G. (IEEE 2005.) Verkoston rakenteiden uusiminen suurten nopeusvaatimusten ja pakollisen 2G-yhteensopivuuden ohella hidastikin todellisten 3G-verkkojen käyttöönottoa ja yleistymistä. Toisaalta kolmannen sukupolven teknologia tarjoaa monenlaisia mahdollisuuksia. Sekä IEEE että International Telecommunication Union (ITU) ovat esittäneet 3G-mobiililaitteiden kykenevän puheluiden lisäksi Internetin ja multimedian hyödyntämiseen (IEEE 2005; Jones & Marsden 2006, 12). Kolmas sukupolvi on siis mahdollistanut mobiililaitteiden entistä paljon monipuolisemman käytön.

Vuosien 2000 ja 2010 välillä 3G:hen on tehty muutamia uudistuksia. Ne liittyvät lähinnä siirtonopeuksien kasvattamiseen ja niistä käytetään nimiä 3.5G ja 3.75G. (Ziegler 2011.)

Mobiiliteknologian sukupolvet – kuten 1G, 2G ja 3G – yhdistetään usein matkapuhelimiin. Toinen tärkeä mobiililaiteryhmä on Personal Digital Assistant -laitteet (PDA), joita ovat esimerkiksi kämmentietokoneet. Näiden alkuperäisenä tehtävänä oli kulkea käyttäjänsä mukana ja auttaa tätä arkisissa asioissa kuten ajan- ja tiedonhallinnassa. Useiden PDA-laitteiden ominaisuuksiin on kuulunut esimerkiksi kalenteri ja muistikirja.

Jonesin ja Marsdenin mukaan ensimmäinen PDA:n kaltainen laite oli vuonna 1984 julkaistu Psion Organizer. Kuitenkin Personal Digital Assistant -käsitettä käytettiin vasta vuonna 1992 puhuttaessa Apple Newtonista. Vuoteen 2004 mennessä tällaisia laitteita oli tullut useilta valmistajilta. (Jones & Marsden 2006, 9.) PDA-esimerkkeinä Jones ja Marsden mainitsevat Palmin PalmPilot- ja Microsoftin Windows-käyttöjärjestelmää hyödyntävät Pocket PC -tuoteryhmät (Jones & Marsden 2006, 9). Näitä käsitellään myös useiden henkilöiden kirjoittamassa Mobiiliteknologiat-teoksessa (Arokoski, Jääskeläinen, Kontio, Köykkä, Raatikainen, Tervo & Vierimaa 2002).

Matkapuhelimet ja PDA-laitteet alkoivat yhdistyä noin vuonna 1997 (Jones & Marsden 2006, 9). Webin kaltainen yhteys tuli saataville myös puhelimiin 1990-luvun lopulla, mikä on todennäköisesti yksi yhdistymisen merkittävimmistä taustatekijöistä. Toinen tärkeä seikka, joka kiihdytti eri mobiililaitetyyppien keskinäistä yhdistymistä, oli matkapuhelimiin saatavan tekniikan, kuten prosessorien ja muistin, kehittyminen. Jones ja Marsden kertovat, että lisääntyneitä resursseja hyödyntämään kehitettiin monipuolisia ohjelmia, joita oli ennen vain kämmentietokoneissa ja vastaavissa laitteissa. Sillä välin PDA-laitteisiin lisättiin matkapuhelimien ominaisuuksia kuten puhelu- ja tekstiviestitoimintoja sekä langattomia verkkoyhteyksiä. Oli syntynyt uusi mobiililaitetyyppi, joka toimi sekä viestintä- että tietovälineenä. (Jones & Marsden 2006, 9.) Myös elektroniikan kustannukset ja tilavaatimukset ovat laskeneet. Tämäkin on mahdollistanut laitteiden monipuolistumisen, sillä niihin on voitu lisätä esimerkiksi kamera, GPS-vastaanotin tai sensoreita.

Kun mobiiliteknologia oli riittävän kehittyntä, matkapuhelimet ja PDA-laitteet muistuttivat pöytätietokoneita käyttöjärjestelmien osalta. Mobiililaitteillekin niitä oli useita jo 2000-luvun alkuvuosina. Suosituimpia olivat PDA-laitteissa Palm OS ja Windows CE sekä matkapuhelimeissa Symbian OS (Arokoski ym. 2002). Seuraavan vuosikymmenen aikana muitakin käyttöjärjestelmiä on kehitetty.

Sovellusohjelmoinninkin näkökulmasta laitteen ja ohjelmien muodostamissa mobiilijärjestelmissä on tapahtunut kehitystä. Ajan mittaan yhä monipuolisemmat ja edistyneemmät sovellukset ovat tulleet mahdolliseksi toteuttaa tällaisiinkin systeemeihin. Frank H. P. Fitzekin, Harri Pennasen ja Jarmo Rintamäen teoksen *Qt for Symbian* alussa kerrotaan lyhyesti mobiiliohjelmoinnin historiasta (Fitzek, Pennanen & Rintamäki 2010, 1–4). Sen mukaan sovellusohjelmien kehittäminen mobiililaitteille alkoi 1990-luvun lopulla, kun havaittiin, ettei puheluiden välittämisen jälkeen mikään yksittäinen keksintö enää riittänyt asiakasmäärien kasvattamiseen. Menestyvien sovellusten kehittämisessä ajateltiin tarvittavan laitevalmistajien ja palveluntarjoajien lisäksi käyttäjiä. (Fitzek ym. 2010, 1.) Ohjelmointikäytännöt erosivat kuitenkin toisistaan varsinkin tekniikan yleistymisen alkuaikoina. Niin Nokia, Palm kuin Microsoftkin tarjosivat kehitystyökaluja, joilla mobiiliohjelmointi oli mahdollista (Arokoski ym. 2002). Niillä voitiin kuitenkin yleensä kehittää sovelluksia vain tiettyjen valmistajien joihinkin malleihin. Tätä pyrittiin muuttamaan ja kehittämään yhteinen käytäntö, jolla voitaisiin toteuttaa usealla alustalla toimivia ohjelmia.

Ensimmäinen merkittävä monen järjestelmän tukema ohjelmointityökalu oli Java. Siinä oli kuitenkin useita rajoituksia. Ohjelmat tuli testata jokaisella laitteella ennen kuin voi olla varma niiden alustakohtaisesta toimivuudesta (Fitzek ym. 2010, 2). Toinen ongelma oli, ettei yksi versio sittenkään sopinut kaikkiin järjestelmiin. Mobiili-Java oli myös muita rajoittuneempi eikä esimerkiksi sisältänyt kaikkia tietotyyppejä. (Arokoski ym. 2002, 141.) Useiden Java-versioiden olemassaolo teki ohjelmoinnista haastavaa (Jones & Marsden 2006, 301). Sovellusten tekemistä rajoitti myös, ettei varsinkaan ensimmäisissä mobiili-Javan versioissa kaikkia laitteen ominaisuuksia päästy hyödyntämään (Fitzek ym. 2010, 2). Puutteistaan huolimatta Javasta tuli hyvin suosittu. Muun muassa *Mobiiliteknologiat*-teoksessa on paljon ohjelmointiesimerkkejä kyseiselle kielelle (Arokoski ym. 2002). Menestyksen taustalla oli luultavasti Javan kehittyneet ominaisuudet kuten muistinhallinta ja jokseenkin hyvä siirrettävyys, jota muissa työkaluissa ei oikeastaan ollut.

Toinen yleinen ohjelmointikieli on Microsoftin kehittämä C# (C Sharp), joka yleistyi 2000-luvun alussa. Techtopian julkaisemassa sähköisessä kirjassa *C# Essentials* kerrotaan, että kieli muistuttaa Javaa lauseopin, muistinhallinnan ja alustariippumattomuuden osalta. C#-kieleen liittyy myös paljon kirjastoja, joissa on valmiit ratkaisut monenlaisiin tilanteisiin. (Techtopia 2007.) Nykyisistä mobiilikäyttöjärjestelmistä esimerkiksi Applen iOS ja

Googlen Android tukevat tätä ohjelmointikieltä. Kuitenkin C# tunnetaan ehkä parhaiten Microsoftin käyttöjärjestelmille tehtävien sovellusten kehitysvälineenä.

Kolmas alustariippumaton ohjelmointityökalu on Qt. Se on kehitysympäristö, jolla voidaan tehdä niin pöytä- ja kannettavissa tietokoneissa kuin sulautetuissa järjestelmissäkin toimiva ohjelma siten, ettei sitä tarvitse kirjoittaa jokaiselle alustalle erikseen. Lisäksi Qt:ssä on rajapinnat, joiden kautta mobiililaitteiden ominaisuuksia ja toimintoja voidaan hyödyntää sovelluskehityksessä. (Fitzek ym. 2010, 7–9.) Myös Qt on menestynyt hyvin. Syitä siihen ovat helppokäyttöisyys, tehokkuus, joustavuus sekä toimivuus usealla alustalla (Fitzek ym. 2010, 2). Todennäköisesti rajapintojen yksinkertaisuus, hyvä dokumentaatio ja mahdollisuus käyttää useita ohjelmointikieliä ovat myös lisänneet suosiota.

Suhteellisen alustariippumattomien kehitystyökalujen ansiosta eri mobiililaitteiden ohjelmointikäytäntöjä on onnistuttu yhdenmukaistamaan, mutta jotkut valmistajat haluavat edelleen pitäytyä omissa menetelmissään, eikä toistaiseksi ole mitään yleispätevää ratkaisua, joka toimisi varmasti kaikilla laitteilla.

2.2 Tekniikan nykytila

Kolmannen mobiilisukupolven ja sen päivityksien jälkeen esiteltiin neljäs sukupolvi, 4G. Tässä yhdistetään eri verkkorajapintoja sekä väylävaihtoehtoja keskenään (IEEE 2005). Ziegler on kirjoittanut verkkoa hallinnoivan ITU:n asettamien tavoitenopeuksien olleen ensin paljon suurempia kuin 3G:ssä. Niitä laskettiin, sillä uusia – päämäärää hitaampia mutta perinteisistä menetelmistä selvästi eroavia – mobiiliteknologioita, kuten LTE:tä ja WiMAXia, alettiin kansainvälisesti kutsua 4G:ksi. Niissä on usein entistä parempi signaalinkäsittely sekä myös puheen välitys datana. (Ziegler 2011.) Lisäksi 4G on edeltäjiään luotettavampi ja nopeampi (IEEE 2005).

Vuonna 2011 elettiin kolmannen ja neljännen mobiiliteknologiasukupolven välistä siirtymäaikaa. Jälkimmäinen on jo osin käytössä ainakin Pohjois-Amerikassa, Japanissa sekä useissa Euroopan maissa kuten Ruotsissa ja Norjassa. Suomessa CENTRIA on yhteistyössä OEI:n ja Internet-palveluntarjoaja PPO:n kanssa testannut 4G-tekniikkaa vuosina 2009–2011 (Luimula 2010; Tekes 2011). Maan ensimmäiset kaupalliset ”4G”-verkot aloittivat

toimintansa vuoden 2010 lopulla, missä myös PPO oli mukana (Finnet 2010). CENTRIA, OEI ja PPO ovat siis olleet mukana Suomen ensimmäisen kaupallisen 4G-verkon toteuttamisessa. Koko maan kattavaa verkostoa ei toistaiseksi ole. Joitakin 4G-verkkoja on siis rakennettu maailmalla, ja viidennenkin sukupolven suunnittelu on jo alkanut. Siinä käyttäjakeskeisyys on tärkeää (Janevski 2009). Lisäksi painotetaan päätelaitteiden yhteistoimintaa (5G 2011). Tietoverkkojen kehityksestä voidaan päätellä, että 5G-verkot ovat entistä nopeampia ja luotettavampia.

Useat nykyaikaiset mobiililaitteet tukevat langattomia lähiverkkoja (Wireless Local Area Network, WLAN), jotka voivat toimia 4G-verkon osana tai olla siitä riippumattomia. Muita yhteyskäytäntöjä ovat esimerkiksi Bluetooth.

Mobiililaitteissa on monenlaisia niiden käyttötarkoitusta laajentaneita ja osin muuttaneita teknisiä ominaisuuksia. Fitzekin ja kumppanien mukaan ne eivät usein ole enää sidoksissa laitevalmistajiin, vaan eri tuotteiden tekniset piirteet ovat keskenään hyvinkin samanlaisia. Erot ovat lähinnä suunnittelussa, käytettävyydessä ja palveluissa. (Fitzek ym. 2010, 1.)

Merkittävin tekninen ero mobiililaitteiden välillä on käyttöjärjestelmä. Arokosken ja kumppanien (2002) esittelemistä järjestelmistä Symbian- ja Windows CE -tuoteperheiden alustat ovat edelleen käytössä. Niiden lisäksi Applen iOS, Googlen Android sekä Nokian ja Intelin MeeGo ovat tunnettuja alustoja. Useimmat mobiilikäyttöjärjestelmät eroavat toisistaan muun muassa ulkoasultaan, käytettävyydeltään sekä toimintojen sijoittelultaan. Sovelluskehitysmenetelmissäkin on edelleen eroja.

2.3 Mobiililaitteiden ominaisuuksia

Monet nykyisten mobiililaitteiden ominaisuuksista liittyvät viestintään, arkiasioiden hoitamiseen, viihteeseen tai esimerkiksi tiedonhankintaan.

Helposti mukana kulkevan luonteensa vuoksi mobiililaitteiden on ajateltu sopivan kuvien ja videoiden tallentamiseen. Usein niissä onkin vähintään yksi kamera. Jones ja Marsden ovat kirjoittaneet teokseensa kokonaisen luvun kuvien käytöstä mobiililaitteissa. Heidän mukaansa kamerapuhelimilla otettuja kuvia käytetään sosiaalisten suhteiden ylläpitämiseen

eli kokemuksia jaetaan näyttämällä kuvia sekä vastaamalla niihin kysymyksiin ja kommentteihin. Kuvalla voi myös aloittaa keskustelun tai antaa lisätietoa. (Jones & Marsden 2006, 289–314.) Ziegler taas mainitsee mobiilin median jakamisen olevan yleistä (Ziegler 2011). Perinteinen tapa jakaa kuvia, ääntä ja videota on multimediaviestien käyttö. Nykyisillä mobiililaitteilla voidaan käyttää sähköpostia ja pikaviestimiä, joiden lisäksi Internetissä on useita median jakamiseen tarkoitettuja palveluita. Laitteeseen tallennettua sisältöä voidaan kuitenkin esittää myös paikallisesti: mobiililaitteen pienen näytön lisäksi voidaan käyttää pöytätietokonetta tai televisiota (Jones & Marsden 2006, 309).

Jones ja Marsden kertovat, että tallennettuun mediaan – erityisesti valokuvaan – voidaan lisätä hakemista helpottavaa metatietoa. EXIF-formaatissa luontiaika tallennetaan automaattisesti kuvaan, paikan voi hakea satelliittijärjestelmältä ja lisätietoa mediasta voidaan etsiä esimerkiksi laitteen kalenterista. Kuvan välittämää kokemusta voidaan myös täydentää liittämällä siihen ääntä, jolloin kokonaisuus parantuu – äänileike saattaa pelastaa huonon kuvan. Lisäksi tallennetun median konteksti (paikka, aika, tilanne, ympäristö) jää paremmin mieleen kuin ääntä sisältämättömän kuvan. Myös tekstiä voidaan lisätä kuviin. (Jones & Marsden 2006, 292–311.) Kamera onkin mobiililaitteen ominaisuus, jota käytetään usein muiden toimintojen kuten paikkatietojärjestelmän, ajanhallintasovelluksen, ääninauhurin tai multimediaviestien kanssa.

Mobiililaitteissa on ollut paikannustoimintoja jo pitkään. Ne ovat olleet hyvin suosittuja, ja onkin kehitetty niihin liittyviä sekä huvi- että hyötykäyttöön tarkoitettuja sovelluksia. Tunnetuin paikannusteknologia on luultavasti Yhdysvaltojen puolustusministeriön Global Positioning System (GPS), joka julkistettiin siviilikäyttöön noin vuonna 1995 (Arokoski ym. 2002, 192). Se perustuu satelliitteihin, jotka lähettävät sijaintiin ja aikaan liittyvää dataa. Tästä GPS-vastaanotin laskee paikka- ja aikatiedon. Se ei sellaisenaan ole aina kovin tarkkaa, mutta sitä voidaan korjata maa-asemia ja langattomia tietoverkkoja hyödyntäen. Satelliitteihin perustuvien tekniikoiden lisäksi voidaan käyttää matkaviestinverkon soluja ja signaalien ominaisuuksia hyödyntäviä menetelmiä. Kuitenkaan yksikään näistä ei ollut vielä 2000-luvun alkuun mennessä yhtä tarkkoja kuin GPS. (Arokoski ym. 2002, 193–209.) Nykyisistäkin paikannustekniikoista GPS on tarkin ja edelleen myös käytetyin.

Arokoski ja kumppanit huomauttavat, ettei paikkatieto sellaisenaan ole palvelu, mutta se voi toimia osana sovellusta (Arokoski ym. 2002, 214). Yleisin esimerkki on kartta, joka

näyttää käyttäjän sijainnin. Muita sovelluksia ovat push- ja pull-palvelut, joista edellisessä palveluntarjoaja lähettää viestejä usealle kohteelle ja jälkimmäisessä asiakas pyytää palvelua ja saa sen nopeasti (Arokoski ym. 2002, 212–213).

Nykyaikaisissa mobiililaitteissa on monenlaisia sensoreita. Ehkä yleisimmät ovat liikkeen ja asennon tunnistavat kiihtyvyysanturit ja gyroskoopit. Näiden lisäksi voidaan käyttää esimerkiksi magnetometriä ilmansuuntien selvittämiseen. Liikepohjaisten viestien avulla tehty mobiililaitteen hallinta voi olla perinteisiä käyttötapoja nopeampaa, hauskeempaa ja miellyttävämpää (Jones & Marsden 2006, 23). Antti Oulasvirta on toimittanut Ihmisen ja tietokoneen vuorovaikutus -nimisen teoksen. Siinä kerrotaan VTT:n tutkimuksesta, jonka tulokset ovat Jonesin ja Marsdenin ajatuksen kanssa samansuuntaisia (Oulasvirta 2011, 201–202). Liiketunnistusta käytetään lähinnä peleissä ja liikuntasovelluksissa. Antureihin perustuva eletunnistus on kuitenkin useisiin menetelmiin verrattuna epäluotettavaa ja vaikeakäyttöistä. (Oulasvirta 2011, 202.) Muita mobiililaitteen sensoreita ovat esimerkiksi valo- ja lähestymisanturit. Edellinen mittaa ympäristön valoisuutta, josta saatua tietoa voidaan käyttää esimerkiksi näytön asetusten automaattiseen säätämiseen. Jälkimmäinen taas osaa ilmoittaa, onko sen lähellä jotakin. Tätä voidaan hyödyntää kosketusnäytön lukitsemisessa puheluiden ajaksi, jolloin vältetään tahattomilta virhepainalluksilta.

Useissa mobiililaitteissa on ollut kosketusnäyttöjä ainakin 2000-luvun alkuvuosista lähtien (Arokoski ym. 2002). Kosketustekniikoita tutkinut Bill Buxton kertoo Internet-sivuillaan, että ensimmäinen kosketusnäyttölinen matkapuhelin esiteltiin jo vuonna 1992, ja se muistutti käyttöliittymältään nykyisiä puhelimia (Buxton 2007). Kuitenkin PDA-laitteet olivat ensimmäisiä mobiilitietokoneita, joissa tämä teknologia yleistyi. Matkapuhelimissa se tuli tunnetuksi vasta 2000-luvun ensimmäisellä vuosikymmenellä. Mobiililaitteiden kosketusnäytöt tunnistivat pitkään vain yhden pisteen kerrallaan, mutta niitä voitiin usein ohjata kynällä. Nykyaikaisissa laitteissa voi olla useita yhtäaikaaisia pisteitä tunnistavia monikosketusnäyttöjä, joita tosin ei yleensä voi käyttää esimerkiksi kynän kanssa. Buxtonin lisäksi Timothy Hoyer ja Joseph Kozak ovat kirjoittaneet monikosketuksesta. Kaikki kolme ovat esittäneet, että Applen vuonna 2007 julkaisema iPhone teki mobiililaitteiden monikosketuksesta tunnetun (Buxton 2007; Hoyer & Kozak 2010). Toisten tutkijoiden mukaan kosketusnäytön avulla mobiililaitteen käytöstä voidaan tehdä luontevaa (Jones & Marsden 2006, 23–24). Monikosketus sellaisenaan tai yhdistettynä esimerkiksi sensoreihin mahdollistaa

luonnollista käyttöliittymää hyödyntävän vuorovaikutuksen ihmisen ja laitteen välille. Kosketusteknologioita on esitelty luvussa 3 ja luonnollisia käyttöliittymiä luvussa 4.3.3.

Nykyisin kehitetään ja käytetään mobiilisovelluksia, jotka hyödyntävät tietoverkkoja, sosiaalisia suhteita sekä laitteen ympäristöä. Perinteisten puheluiden sekä teksti-, multimedia- ja sähköpostiviestien lisäksi ihmisten välinen kommunikointi on saanut uusia piirteitä viimeistään 2000-luvun alussa. Oulasvirran mukaan nykyisissä kommunikaatioteknologioissa on viestinnän mahdollistava sisältölaji, josta käytetään nimitystä sosiaalinen media. Siinä sisällöt voivat olla kenen tahansa tuottamia ja ne ylläpitävät sosiaalista tai ryhmätietoisuutta yhdessä muiden palveluiden kanssa. Tällaisia medioita ovat esimerkiksi Oulasvirran teoksessakin mainitut Facebook, Twitter ja YouTube. (Oulasvirta 2011, 246.) Niitä voidaan käyttää mobiililaitteella joko Internet-selaimen tai erillisen asiakasohjelman avulla. Käyttäjaverkoston lisäksi voidaan hyödyntää ympäristöä. Puhutaan lisätystä todellisuudesta, jossa mobiililaitte esittää muokatun näkymän reaaliaikaisesta maailmasta (Oulasvirta 2011, 229). Yleisiä sovelluskohteita ovat navigointi tai lisätiedon esittäminen (Jones & Marsden 2006, 281–282; Oulasvirta 2011, 229–230).

Mobiililaitteisiin liittyy ubiikki eli kaikkialla läsnä oleva tietotekniikka, englanniksi ubiquitous computing, suomeksi myös joka paikan tietotekniikka tai läsnä-äly (Oulasvirta 2011, 192–211). Tämä käsite tarkoittaa sitä, että tekniikka on integroitu ympäristöön, jossa se toimii huomaamattomasti eikä rasita käyttäjiään (Oulasvirta 2011, 192–193; Jones & Marsden 2006, 54–55). Itse asiassa jopa matkaviestintä voidaan pitää ubiikkina, koska sen käyttö on hyvin arkista (Oulasvirta 2011, 194). Joka paikan tietotekniikkaan kuuluu myös kontekstietoisuus (context awareness). Se tarkoittaa laitteen kykyä tunnistaa muun muassa aika, paikka, sosiaalinen tilanne ja ympäristön olosuhteet kuten valaistus sekä muuttaa toimintaansa niiden mukaisesti (Jones & Marsden 2006, 135–136; Oulasvirta 2011, 206–207). Tässä voidaan hyödyntää esimerkiksi paikannusta ja sensoreita.

Mobiiliteknologian alkuperäiset tarkoitukset, viestintä ja (muiden) arkitoimintojen helpottaminen, pysynevät keskeisinä. Edellisessä on tapahtunut kehitystä sosiaalisen median yleistymisen, jälkimmäisessä läsnä-älyn myötä. Tulevaisuudessa näitä parannetaan vielä nykyisestä. On myös jokseenkin mahdollista, että laitteiden alkuperäiset käyttökohteet yhdistetään keskenään – esimerkiksi sosiaalista mediaa ja läsnä-älyä toisiinsa liittäviä sovel-

luksia voi tulla kuluttajien käyttöön. Innovatiivisten ohjelmistojen ja palveluiden tekeminen myös tulevaisuudessa onkin tärkeää mobiiliteknologiassa.

2.4 Sovelluksia

Mobiililaittevalmistajien tuotteiden väliset teknologiaerot ovat ajan mittaan tasoittuneet. Sen vuoksi on alettu korostaa mobiilisovellusten merkitystä. (Fitzek ym. 2010, 1–2.) Kehitystyökalujen ja jakelukanavien tultua periaatteessa kaikkien saataville onkin kehitetty monenlaisia ohjelmistoja ja palveluita mobiililaitteille.

Paikkatietoon perustuvat eli lokaatiopohjaiset ohjelmat ja palvelut on suosittu mobiilisovellusryhmä. Käyttäjän sijainnin näyttäminen kartalla on tavallisin esimerkki, mutta tätä kehittyneempiäkin sovelluksia on. Foursquare on sosiaalinen media, jonka käyttäjä jakaa sijaintinsa muiden kanssa ja joka hyödyntää paikkatietoa sekä tekstiviestejä ja sisältää peilillisiä elementtejä kuten pisteiden keräämisen (Foursquare 2011).

Yhden PDA:n tehtävän, tiedonhankinnan, jatkokehitykseen liittyvä ohjelma on GoSkyWatch, jolla voidaan hankkia tietoa tähdistä ja planeetoista. Sovellus hyödyntää paikannus-toimintoja, kiihtyvyysanturia, kompassia ja kameraa, joiden antaman informaation perusteella se osaa näyttää astronomisilla tiedoilla täydennetyn kuvan taivaasta. Näkymää voidaan siirtää ja skaalata monikosketuselein. (GoSkyWatch 2010.) Sovellus on esimerkki lisäystä todellisuudesta ja mobiililaitteen ominaisuuksien monipuolisesta yhteiskäytöstä.

FCamera on kameraohjelmistojen kehittämiseen tarkoitettun FCam-ohjelmointirajapinnan esimerkkisovellus. Se on saatavilla Nokia N900 -puhelimelle ja sillä voidaan säätää valokuvausparametreja hyvin vapaasti. Sen avulla on tehty FCameran lisäksi muun muassa ohjelmia, joilla tallennetuissa kuvissa sekä hämärien että valoisien alueiden yksityiskohdat erottuvat selvästi. On myös kehitetty FCamia käyttävä ohjelma, joka soveltuu heikosti valaistuihin kuvausolosuhteisiin. (Talvala & Adams 2011.)

Osa mobiilisovelluksista hyödyntää monikosketusta. Yleensä ne käyttävät kuitenkin vain laitteen omaa näyttöä. Tosin muutamia sellaisiakin ohjelmistoja on, jotka mahdollistavat

mobiililaitteen käytön myös suurten monikosketusnäyttöjen kanssa. Näistä on esimerkkejä luvussa 4 sekä tässä työssä kehitettävä sovellus, jota käsitellään viidennessä luvussa.

2.5 Huomioitavaa käyttöliittymäsuunnittelussa

Käyttöliittymäsuunnittelua ohjaavat usein monenlaiset konventiot. Irmeli Sinkkonen, Hannu Kuoppala, Jarmo Parkkinen ja Raino Vastamäki määrittelevät Käytettävyyden psykologia -teoksessaan konvention totutuksi tavaksi ja yleisesti hyväksytyksi, pysyväksi kulttuurielementiksi (Sinkkonen, Kuoppala, Parkkinen & Vastamäki 2006, 42). Jones ja Marsden kertovat, ettei mobiililaitteiden vuorovaikutussuunnittelua ole tutkittu paljoa, PC-sovellusten ideoita siirretään niihin ja eri laite- sekä alustavalmistajien tyylioppaat eroavat paljon toisistaan (Jones & Marsden 2006). Mobiililaitteiden käytettävyyssuunnitteluun ei siis oikeastaan ole syntynyt yhtenäisiä konventioita.

Jones ja Marsden ovat esittäneet, että käytettävyys jakautuu käytettävyyteen itsessään ja käytettävyyteen elämässä. Näistä edellinen on kunnossa, jos tuotteen sisältö, kontrollit ja palaute näkyvät tai annetaan käyttäjälle selkeästi muilla tavoin; käsitemallit termistöineen ovat kunnossa sekä syy–seuraus-suhteet havaittavissa. Jälkimmäisen edellytys on taas se, että tuote sopii ympäristöön ja muihin resursseihin, joita ovat esimerkiksi tietoverkot, toiset laitteet ja fyysinen maailma, sekä toimii niiden kanssa. (Jones & Marsden 2006, 44–52.) Juuri monipuolisen käyttökontekstin vaatimus onkin käyttäjäkeskeisen suunnittelun ongelmia (Oulasvirta 2011, 124). Tuotteen on sovittava ympäristöönsä (Jones & Marsden 2006, 52; Sinkkonen ym. 2006, 44–45). Mobiililaite kulkeutuu usein ympäristöstä toiseen, joten tämän huomiointi voi olla haastavaa varsinkin kontekstittietoisissa sovelluksissa.

Mobiililaitteen pienuus on silti ehkä tärkein huomioitava asia. Se on yksi käyttäjäkeskeisen suunnittelun ongelmista (Oulasvirta 2011, 124). Kokorajoituksen huomiointiin liittyy hyvin moni Mobile Interaction Design -teoksessa oleva suunnitteluohje (Jones & Marsden 2006). Näytön koko haittaa etenkin palautteen esitystä (Sinkkonen ym. 2006, 135).

Ratkaisuksi Jones ja Marsden esittävät visuaalisen informaation tiivistämistä ja jakamista osiin sekä tilan tehokasta hyödyntämistä. Keinoja tähän ovat muun muassa zoomattava sisältö, näytettävä ja piilotettava informaatio sekä esitystapa, jossa näytetään ensin pääkoh-

dat sekä avainsanat ja sitten lisätietoa, jos käyttäjä sitä haluaa. (Jones & Marsden 2006.) Myös Sinkkonen ja kumppanit mainitsevat tämän esitystavan ja ehdottavat lisäksi suurta kontrastia kohteen, kuten tekstin, ja taustan välille. (Sinkkonen ym. 2006, 100–125.) Sen sijaan johdonmukaiset kuvakkeet voivat tiivistää tietoa, yhtenäistää käyttöliittymää ja siten parantaa käytettävyyttä (Jones & Marsden 2006, 227–233). Hyvin suunnitellut ikonit voivatkin olla hyödyllisiä (Sinkkonen ym. 2006, 122–123). Osa asiantuntijoista ei suosittele valikoita, sillä ne ovat vaikeita oppia, hierarkiat joskus ongelmallisia sekä asioiden luokittelu yksilöllistä (Jones & Marsden 2006, 225–226). Ihmisen työmuisti tiedetään hyvin rajalliseksi (Sinkkonen ym. 2006, 171; Oulasvirta 2011, 156; Jones & Marsden 2006, 224–225). Se voi haitata valikkojen käyttöä (Sinkkonen ym. 2006, 222; Jones & Marsden 2011, 224–225). Tämä voi olla pienten mobiililaitteiden ongelma.

Syöttölaitteiden rajoittuneisuuskin on suunnittelun ongelmia (Oulasvirta 2011, 124). Se huonontaa käytettävyyttä varsinkin puhelimissa, joiden lähes ainoa syöttölaite on numeronäppäimistö (Jones & Marsden 2006).

Syöte- ja palauteongelmaa voidaan ratkaista hyödyntämällä nykyaikaisten mobiililaitteiden monia ominaisuuksia kuten kosketusnäyttöä, LEDejä, värinätoimintoa ja sensoreita. Jones ja Marsden puhuvat luonnollisen mobiilikäyttöliittymän puolesta sekä toteavat, että se voi olla jopa välttämätön laitteen rajoitusten, henkilökohtaisuuden ja tärkeyden vuoksi (Jones & Marsden 2006, 18). Esimerkiksi kiihtyvyysanturia voidaan soveltaa liikeohjauksessa.

Virrankulutus voi olla sovellusten käytön ongelma. Siihen on kuitenkin kiinnitetty suhteellisen vähän huomiota. Erityisesti tietoverkkoja, paikannusta ja laskentatehoa hyödyntävät sovellukset kuluttavat mobiililaitteen akkua.

Mobiilisovellusten käyttöliittymää suunniteltaessa laitteen rajoitukset on huomioitava. Monet käyttöliittymäsuunnittelua koskevat ohjeet suosittelevat, että käyttäjälle esitetään vain oleellinen informaatio ja muu jätetään pois – tai ainakin tärkein tieto erottuu muista selvästi (Sinkkonen ym. 2006; Jones & Marsden 2006; Oulasvirta 2011). Mobiililaitteen ominaisuuksien takia tämän ohjeen merkitys korostuu. Lisäksi tilan ja resurssien hyödyntäminen on huomioitava entistä tarkemmin. Myös laitteen käytön tehokkuus ja intuitiivisuus eli vaistonvaraisuus on tärkeää. Käyttöliittymän tulisi siis olla luonnollinen.

3 MONIKOSKETUSTEKNOLOGIA

Monikosketus tarkoittaa usean yhtäaikaisen kosketuksen tunnistamista. Sitä käytetään tietoteknisissä tuotteissa yhtenä syötteiden vastaanottamismenetelmänä. Laitetta tai järjestelmää käytetään siis monella kosketuksella. Tämä on osa kosketukseen (ja usein myös eleisiin) perustuvia syöttömenetelmiä. Varsinkin monikosketuksessa järjestelmälle viestitään yleensä sormin tai käsin, mutta on myös näille vaihtoehtoisia menetelmiä. Käsitettä voidaan pitää myös ajattelumallina, jonka mukaan tämän periaatteen mukaisia käyttöliittymiä suunnitellaan. Tavoitteena on teknologian luonnollinen, suora ja sujuva käyttö, joka on myös helposti opittavissa.

3.1 Monikosketustekniikan kehitys

Buxton on todennut, että kosketuksen tunnistavia laitteita on ollut ainakin kymmeniä vuosia. Hänen mukaansa tavalliset näppäimistöt ovat monikosketuksen edeltäjiä, sillä useita näppäimiä voidaan painaa yhtä aikaa ja on myös kehitetty tätä hyödyntäviä näppäinyhdistelmiä. (Buxton 2007.) Kuitenkaan perinteistä näppäimistölaitetta ei yleensä lueta kosketusteknologian sovellukseksi.

Varsinaisen kosketustekniikan kehitys alkoi 1960-luvun jälkipuoliskolla. Ensimmäiset kosketusnäytöt otettiin käyttöön viimeistään 1970-luvun alussa. Ne kykenivät tunnistamaan vain yhden kosketuspisteen kerrallaan. Vuosikymmenen lopussa myös paineentunnistustekniikka tuli kosketusnäyttöihin. (Buxton 2007.) Pittsburghin yliopiston Timothy Hoyer ja Joseph Kozak ovat kirjoittaneet kosketusteknologioita käsittelevän konferenssipaperin, jossa käydään läpi myös kyseisen aiheen historiaa. Siinä kerrotaan, että ensimmäinen tunnettu kosketusnäyttö on vuonna 1971 julkistettu Elographics-yrityksen tuote. (Hoyer & Kozak 2010.)

Buxtonin mukaan useita yhtäaikaisia pisteitä tunnistava eli monikosketusteknologia kehitettiin vasta 1980-luvun alussa. Sen ensimmäisiä sovelluksia oli robotiikkaan tehty anturi. Vuonna 1982 esiteltiin Nimish Mehtan Toronton yliopistossa kehittämä ihmisen ja tietokoneen vuorovaikutukseen tarkoitettu monikosketusalusta. (Buxton 2007.) Myös Hoyer ja

Kozak (2010, 3) mainitsevat kyseisen laitteen. Usein monikosketukseen liitetään myös eleisiin perustuva vuorovaikutus. Se kehittyi Buxtonin mukaan merkittävästi vuonna 1983, jolloin Myron Krueger kehitti sekä pysty- että vaakatasossa toimivan Video Place- ja Video Desk -nimisen useita eleitä tunnistavan järjestelmän, joka tosin perustui asentojen tulkintaan eikä ollut varsinaisesti kosketusteknologia. Seuraavana vuonna julkistettiin todennäköisesti ensimmäinen varsinainen monikosketusnäyttö. (Buxton 2007.) Sen sijaan vuosikymmenen lopulla merkittäviä innovaatioita ei oikeastaan tehty.

Seuraava tärkeä uutuus ilmestyi 1990-luvun alussa. Se oli kapasitanssiin perustuva monikosketuslevy, jota voitiin käyttää kannettavissakin tietokoneissa (Hoye & Kozak 2010, 3). Vuosikymmenen aikana tehtiin useita muitakin keksintöjä, jotka liittyivät muun muassa esineiden sekä lisätyn todellisuuden käyttöön monikosketusnäyttöjen kanssa. Myös joitakin aiheeseen liittyviä tuotteita kehiteltiin. (Buxton 2007.)

Varsinkin kapasitiivinen kosketustekniikka, joka mahdollisti monikosketuksen, tuli mobiili- ja muihin pieniin kulutuselektronikkalaitteisiin vuonna 2001 (Hoye & Kozak 2010, 3). Samaan aikaan Mitsubishi julkisti Diamond Touch -järjestelmän, joka tunnisti useita käyttäjiä ja erotti ne toisistaan. Lisäksi se tunnisti näiden sijainnin sekä kosketusten paineen. Sony taas esitteli vuonna 2002 kapasitanssia ja erikoisantennia hyödyntävän monikosketustekniikan, joka tunnisti käsien asentoja sekä muotoja. Tämän jälkeen yliopistot ja yritykset tutkivat lähinnä valoon perustuvia eli optisia kosketustekniikoita ja esineiden tunnistusta sekä julkaisivat niihin perustuvia sovelluksia. (Buxton 2007.) Tätä kesti noin vuoteen 2007, jolloin kuluttajille tarkoitettujen monikosketustuotteiden voimakas yleistyminen alkoi. Suuntauksen keskeisimpiä käynnistäjiä ovat Applen iPhone-puhelin ja Microsoftin Surface-monikosketuspöytä, jotka tulivat markkinoille noihin aikoihin (Buxton 2007; Hoye & Kozak 2010). Helsingissä sen sijaan on CityWall-hanke, jonka keskipisteenä on julkinen monikosketusnäyttö (Oulasvirta 2011, 198; CityWall 2009). Projektin sivutuotteena on syntynyt MultiTouch-yritys, joka valmistaa monikosketusnäyttöjä. Tämän jälkeen muitakin kuin optisia tekniikoita on jatkokehitetty.

Kosketusnäyttöjä hyödyntävien sovellusohjelmien tekeminen ja siihen liittyvät työkalut ovat yleistyneet itse laitteiden kuluttajille tulon jälkeen. Kosketusteknologiat ja niihin perustuvat tuotteet olivat pitkään lähinnä muutamien yliopistojen ja yritysten tutkimusprojekteja, joten ehkä siksi ei nähty tarvetta julkaista sovelluskehitysvälineitä kaikkien saataville.

Toisaalta teknologia oli muun muassa kosketuspisteiden tunnistamisen suhteen melko rajoittunutta, eikä kovin monimutkaisten sovellusten tekeminen edes ollut mahdollista. Jonkinlaista ohjelmointitukea oli kuitenkin jo 1990-luvulla. Buxton mainitsee tästä esimerkkinä DSI Datotech -yrityksen eleidentunnistusohjelman sisältävän HandGear-kosketusalustan vuodelta 1995 sekä tuotteidensa dokumentaatiota jakavan Fingerworks-yrityksen vuodelta 1998 (Buxton 2007). Vuoden 2007 jälkeen muutkin yritykset ja yhteisöt ovat tarjonneet kehittäjille ohjelmointityökaluja.

Kosketusteknologia on kehittynyt paljon olemassaolonsa aikana. Tärkein muutos on siirtyminen yhden pisteen tunnistamisesta monikosketukseen. Perinteisten syöttötapojen lisäksi voidaan tunnistaa esineitä ja käyttäjiä. Myös eleiden käyttö ihmisen ja tietokoneen vuorovaikutuksessa on ollut tärkeä edistysaskel. Kosketusteknologian yleistyminen kuluttajakäyttöön on ollut pitkä prosessi, joka jatkuu edelleen.

3.2 Teknologian nykytila

Nyt on käytössä monenlaisia kosketustekniikoita. Yleisimpiä ovat resistiivinen (resistanssiin perustuva), kapasitiivinen ja optinen, josta Hoyer ja Kozak käyttävät nimitystä infrapuna (Buxton 2007; Hoyer & Kozak 2010). Näille kaikille on löydetty käyttökohteita: resistiivistä kosketustekniikkaa on muun muassa matkapuhelimissa ja PDA-laitteissa (Hoyer & Kozak 2010, 2). Se ei toistaiseksi sovi useita yhtäaikaista painalluksia vaativiin järjestelmiin, sillä resistiivisyys nimenomaan monikosketusnäytöissä on vielä uudehko keksintö. Kapasitiivisia menetelmiä käytetään samanlaisissa tuotteissa kuin resistiivisiä ja niiden välillä onkin paljon yhtäläisyyksiä, tosin kapasitiivinen tekniikka mukautuu eri olosuhteisiin resistiivistä paremmin (Hoyer & Kozak 2010, 3–5). Optista menetelmää tiedetään hyödynnettävän lähinnä suurissa monikosketusseinissä ja -pöydissä (Buxton 2007; Hoyer & Kozak 2010, 2). Se vaatii (toistaiseksi) paljon tilaa (Hoyer & Kozak 2010; Buxton 2007; 3M 2009). Siksi sitä ei ole sovellettu mobiililaitteissa. Useimmissa tekniikoissa ohjelmistojen kehitys on laitteistoja jäljessä, mikä toistaiseksi hidastaa monikosketuksen yleistymistä (Hoyer & Kozak 2010, 3). Silti nykyteknologiallakin voidaan tuottaa toimivia, tehokkaita ja monipuolisia järjestelmiä. Kosketustekniikoiden toiminnasta on lisää luvussa 3.3.

Kosketusnäyttöihin liitetään yleensä intuitiivisuus eli vaistonvaraisuus sekä suora ja luonnollinen käyttö. Touch Topics -sivustolla kerrotaan näyttöjen kanssa yleensä hyödynnettävän eleiksi kutsuttuja toimintoja, joilla vuorovaikutetaan järjestelmän kanssa (3M 2009). Tämä vahvistaa kosketusteknologiaan yhdistettyjä mielikuvia. Lisäksi eleiden saatavuus riippuu pitkälti käytettävästä tekniikasta: joissakin se on standardi, toisiin tarvitaan laite tai ohjelmapäivityksiä niiden käyttöönottamiseksi ja jopa yksöiskosketusnäytöissä voidaan käyttää eleitä (3M 2009). Monikosketusnäyttö silti mahdollistaa laajan elevelikoiman ja useita vuorovaikutusvaihtoehtoja (Buxton 2007). Monikosketus myös nopeuttaa ja tehostaa laitteiden käyttöä (3M 2009). Se voidaan eleiden kanssa ajatella osana luonnollista käyttöliittymää, josta kerrotaan luvussa 4.3.3.

Useat valmistajat tukevat tuotteilleen sopivien ohjelmistojen kehittämistä: Android-laitteille monikosketussovelluksia voi tehdä jokseenkin vapaasti ja Microsoft on julkaissut kehitysvälineet ja dokumentaation Surface-kosketuspöydilleen. Kosketustekniikoita käyttävien ohjelmistojen kehitys kiinnostaa yritysten lisäksi ryhmiä ja yhteisöjä. Nokian hallinnoimassa Qt-kehitysympäristössä on rajapinnat tällaisia sovelluksia varten. Sillä voidaan tehdä ohjelmia Nokian laitteisiin tai esimerkiksi PC:ille. Qt:n kehitys ja ylläpito perustuu Nokian toimintaan ja yhteisöllisyyteen. Myös monikosketukseen ja luonnollisiin käyttöliittymiin keskittynyt NUIGroup kehittää ja ylläpitää tällaisia ohjelmointityökaluja.

Suosittujen monikosketuslaitteiden valmistajat ovat tuoneet uusiakin tuotteita markkinoille. Applella on iPhoneen lisäksi muita vastaavia laitteita, kuten iPod Touch ja iPad (Hoye & Kozak, 2010). Microsoft taas on kehittänyt Surface-kosketuspöydästään uuden 2.0-version (Buxton 2007). Useita yhtäaikaista kosketuksia tunnistavia näyttöjä valmistavat myös esimerkiksi suomalainen MultiTouch ja ranskalainen Stantum. Tällaiset tekniikat on yleisesti havaittu käytettävyydeltään hyväksi (3M 2009; Buxton 2007; Hoye & Kozak 2010). Erinomaisten ohjelmistokehitysmahdollisuuksien ansiosta niille voidaan tehdä useanlaisia sovelluksia. Näistä syistä monikosketus menestyy tällä hetkellä.

3.3 Monikosketusnäyttöjen toimintaa

Resistiivinen tekniikka on hyvin suosittu. Kosketusteknologioista se on jopa yleisin ja myös kustannuksiltaan edullisin (3M 2009; Hoye & Kozak 2010, 2–4). Tekniikka on myös

yksinkertainen, ja resistiiviselle näytölle voidaan syöttää tietoa sormin tai kynällä (Hoye & Kozak 2010, 2–4). Myös käsi, jossa on hansikas, tai mikä tahansa kynä käy syöttövälineeksi (3M 2009). Jälkimmäisen ominaisuuden ansiosta resistiivinen tekniikka sopii tarkkaa työskentelyä vaativiin sovelluksiin kuten tekstin syöttämiseen kynällä erityisesti mobiililaitteille. Näistä syistä sitä käytetään paljon.

Resistiiviseen kosketustekniikkaan liittyy kuitenkin myös huonoja puolia. Touch Topics, Hoye ja Kozak kertovat, että sen mukaiset kosketuspinnat koostuvat kerroksista, joista päällimmäinen on suunniteltu joustavaksi ja siten kuljettamaan painallukset eteenpäin. Tämä taipuisuus aiheuttaa laitteen kulumista. Lisäksi kerrosten välissä on tilaa, johon voi kertyä likaa ja pölyä. Nämä vähentävät tarkkuutta, jolloin kosketusnäyttö tai -levy on kalibroitava uudelleen. Epätarkkuus kasvaa myös laitteen käyttöolosuhteiden muuttuessa. (Hoye & Kozak 2010; 3M 2009.) Resistiivinen tekniikka ei yleensä sovellu suuriin näyttöihin, sillä niihin vaadittaisiin paljon johtoa, mikä vähentäisi luotettavuutta (Hoye & Kozak 2010, 5). Yhdeksi tekniikan merkittävimmistä heikkouksista on useimpien laitteiden tuki enintään kahdelle yhtäaikaiselle kosketukselle (3M 2009). Varsinaista monikosketusta ei siis yleensä tueta (Hoye & Kozak 2010; 3M 2009). Resistiiviset monikosketusnäytöt alkavat kuitenkin yleistyä (Hoye & Kozak 2010, 3).

Resistiivinen tekniikka koostuu kahdesta keskenään kommunikoivasta kerroksesta. Hoye ja Kozak kertovat niiden olevan valmistettu indiumtinaoksidista ja niiden välissä olevan ilmaa. He jatkavat, että alimmainen kerros on lasista tai muusta eristävästä aineesta valmistetun tason päällä; ylimmäinen kerros on suoraan joustavan, usein muovisen, tason alapuolella. (Hoye & Kozak 2010, 2–3.) Kun päällimmäistä kerrosta painetaan, se taipuu ja koskettaa alinta kerrosta. Tämä muuttaa tasojen resistanssia. Usein toisessa kerroksessa on x- ja toisessa y-akselin mittausta. (Hoye & Kozak 2010, 3; 3M 2009.) Tietokone osaa tällöin laskea kosketuspisteen koordinaatit resistanssin muutosten perusteella. Yhdellä tasolla on yleensä kaksi johtoa vastakkaisilla puolilla. (Hoye & Kozak 2010, 3.) Niistä toista käytetään kosketuksen sijainnin määrittämisessä jännitteen muutoksen laskemiseen ja toista potentiaalierojen mittaamiseen. Nämä selvitetään peräkkäin kummallekin akselille. (3M 2009.) Resistiivinen monikosketus ei ole vielä yleisesti käytössä. Sen toteuttamiseen Touch Topics -sivustolla ehdotetaan resistiivistä matriisianturia, jolla voidaan selvittää useita yhtäaikaisia kosketuksia (3M 2009). Tämän ratkaisun vaikutuksista tuotteen ominaisuuksiin, kuten hintaan ja kokoon, ei kuitenkaan kerrota.

Resistiivisiä monikosketusnäyttöjä on kehitetty aktiivisesti. Stantum on julkistanut omia tuotteitaan, joiden kerrotaan ratkaisevan tähän tekniikkaan perustuvien laitteiden ongelmia, kuten huonoa kestävyyttä sekä heikkoa olosuhteisiin mukautumista, ja joissa on monikosketustuen lisäksi paineen tunnistus (Meador 2010; Miller 2009; UMPCPortal 2009). Ne myös tukevat rajatonta määrää kosketuspisteitä (Meador 2010; Miller 2009). Meadorin mukaan tekniikan muita etuja ovat muun muassa automaattinen kalibroituuminen, useimpia resistiivisiä kosketusnäyttöjä pidempi käyttöikä, vähäinen tehontarve ja skaalautuvuus, jonka ansiosta sitä voidaan käyttää mobiililaitteiden lisäksi suurissa näytöissä (Meador 2010). Toshiba puolestaan on Veijo Ojanperän Prosessori-lehteen kirjoittaman uutisen mukaan esitellyt monikosketusnäytön, joka on sekä resistiivinen että kapasitiivinen. Tuote siis käyttää molempia tekniikoita kosketusten havaitsemiseen. Yhtiö on kehittänyt algoritmit näiden etujen hyödyntämiseksi. Toshibaan monikosketusnäyttö on tarkoitettu teollisuuden käyttöön. (Ojanperä 2011.) Sekä Stantumin että Toshibaan näytöt kehittävät resistiivistä tekniikkaa ja osoittautunevat hyödyllisiksi tultuaan markkinoille.

Monet tutkijat jakavat kapasitiivisen kosketustekniikan projisoituun ja pintakapasitiiviseen (Hoye & Kozak 2010, 3; 3M 2009). Näistä jälkimmäinen on nopea, mutta tunnistaa rajallisen määrän syöttötapoja eikä tue monikosketusta (3M 2009).

Hoye ja Kozak ovat kirjoittaneet, että projisoitu eli heijastava kapasitiivinen tekniikka muistuttaa paljon resistiivistä, koska siinä on kaksi indiumtinaoksidikerrosta, joiden päissä on toisiinsa nähden kohtisuorat sähköä johtavat mittaliuskat. Tässä tekniikassa tasot ovat kuitenkin lasikerrosten välissä toisin kuin resistiivisessä, jossa päällä olevan kerroksen yläpuolella on joustavaa muovia tai vastaavaa materiaalia. Anturikuvioristikko heijastaa sähkökentän ylimmän lasin läpi, mistä tekniikan nimi tulee. Kentän heijastumisesta ja ihmiskehon sähkömagneettisesta varauksesta johtuen ylintä lasia kosketettaessa pistettä lähimpien elektrodien kapasitanssit muuttuvat. (Hoye & Kozak 2010, 3.) Kosketus tunnistetaan vierekkäisten kuvioiden suhteellisia virtatasoja määrittämällä (3M 2009). Menetelmä on hyvin samanlainen kuin resistiivisessä tekniikassa (Hoye & Kozak 2010, 3).

Projisoidun kapasitiivisen kosketustekniikan merkittävimpänä etuna on monikosketustuki (3M 2009; Hoye & Kozak 2010, 3). Teknologia kykenee – yhden ja kahden lisäksi – erotamaan vähintään kolme samanaikaista kosketusta toisistaan. Eleetkin ovat osa tekniikkaa

eivätkä edellytä laitteisto- tai ohjelmistopäivityksiä. Kapasitiiviset näytöt ovat myös kestäviä ja turvallisia. Joidenkin laitteiden kanssa voidaan käyttää sähköä johtavia ohjauskyniä. (3M 2009.) Projisoitu kapasitiivinen tekniikka tukee sormien ja ohuella hansikkaalla peitettyjen käsien käyttöä syöttömenetelminä. Se myös kestää resistiivistä vaihtoehtoa pidempään. (3M 2009; Hoyer & Kozak 2010, 5.) Lisäksi tekniikka on tarkka ja kosketukseen sekä sen ylläpitoon riittää kevyt painallus, mikä helpottaa eleiden tekemistä. Automaattinen kalibroituvuuskin on kapasitiivisen tekniikan etu. (Hoyer & Kozak 2010, 5.) Se siis sopeutuu itsestään ympäristöstä ja kulumisesta johtuviin muutoksiin.

Useimpien kapasitiivisten tekniikoiden huonoin ominaisuus on syöttötapojen rajallinen määrä: yleensä tuetaan vain sormia sekä käsiä, joissa on ohuet hansikkaat. Lisäksi valmistuskustannukset ovat suurempia kuin useissa muissa kosketustekniikoissa. (3M 2009; Hoyer & Kozak 2010.) Jotkin kapasitiiviset laitteet tukevat ohjauskyniä, mutta niiden tulee olla erikoisvalmisteisia ja johtaa sähköä (3M 2009). Kapasitiivisuus soveltuu yleensä varsin huonosti isoihin näyttöihin, koska niissä vaadittaisiin paljon johtoa, mikä puolestaan heikentäisi kosketusten tunnistusta ja lisäisi laitteen kulumista (Hoyer & Kozak 2010, 5). On tosin suuriakin kapasitiivisia kosketuspintoja, mutta niissä tämä tekniikka on yhdistetty muihin kuten antenneihin (Buxton 2007). Kapasitiivinen teknologia ei siis sellaisenaan sovi suurnäyttöihin tai -levyihin, mutta sitä voidaan täydentää muilla tekniikoilla.

Kapasitiivinen tekniikka yhdistetään yleensä monikosketukseen (Hoyer & Kozak 2010, 3). Ensimmäiset varsinaiset monikosketusnäytöt olivatkin kapasitiivisia (Buxton 2007). Tekniikka on tullut tunnetuksi erityisesti Applen laitteissa (Hoyer & Kozak 2010, 3; Buxton 2007). Sitä on silti käytetty muussakin mobiiliteknologiassa (Hoyer & Kozak 2010, 3). Esimerkiksi useissa Nokian puhelimissa on kapasitiivinen monikosketusnäyttö.

Optinen eli valoon perustuva on kolmas kosketustekniikkatyyppi, jota käytetään yleisesti. Se voidaan jakaa ryhmiin kuten kapasitiivinenkin. Jotkut jakavat optiset tekniikat kahtia: infrapunaristikoon sekä sisäiseen heijastukseen perustuviin menetelmiin (Hoyer & Kozak 2010, 1). Toiset pitävät ristikkomenetelmää omana tekniikkanaan – tosin siinä monikosketusta tuetaan erittäin huonosti (3M 2009). Se ei siis ehkä ole varsinaisesti monikosketustekniikka. Tällöin optisilla kosketusteknologioilla tarkoitetaan kameraa hyödyntäviä sisäiseen heijastukseen perustuvia keinoja. Ne eivät toimintaperiaatteiltaan eroa kovin merkittävästi toisistaan. Optisissa tekniikoissa kosketuspintaa kuvaa yleensä useita kameroita

(3M 2009; Hoye & Kozak 2010, 1). Ne on usein asennettu kosketuspinnan kulmiin, ja monet tason sivuista ovat valaisevia tai heijastavia ja projisoivat infrapunavalokentän hieman pinnan yläpuolelle (3M 2009). Kamerateerit lähettävät tiedon mahdollisista kosketuksista järjestelmälle. Osa valonsäteistä tulee läpinäkyvän pinnan kautta ulos, osa taas heijastuu takaisin laitteen sisään. Kamerateerit on kalibroitu tyypillisen heijastumisen mukaisiksi. Tällöin ne havaitsevat kosketuspisteissä valon diffuusion. (Hoye & Kozak 2010, 1.) Diffuusio syntyy, kun jokin estää valon saapumisen kameroille (3M 2009). Käytännössä kosketuksesta siis syntyy varjo (Hoye & Kozak 2010, 3). Tämän jälkeen kamerateerit lähettävät informaation laiteohjaimen kuvankäsittelyohjelmalle, joka muuntaa kosketusdatan komennoiksi ja laskee muun muassa pisteiden x- ja y-koordinaatit (Hoye & Kozak 2010, 1; 3M 2009). Kosketusnäyttöissä on joko projektori tai LCD-paneeli kuvan esittämiseen (Buxton 2007). Tekniikan toimintaperiaatteen takia kosketuspinta on yleensä läpinäkyvää materiaalia, usein lasia. Vaihtoehtoisesti käytetään esimerkiksi akryyliä. Hoyen ja Kozakin mukaan kosketustaso on tällöin ohuempi, joustavampi ja valmistuskustannuksiltaan edullisempi kuin jos se olisi tehty lasista, mutta kestävydessä ei ole eroja (Hoye & Kozak 2010, 1). Buxton taas mainitsee läpinäkyvää akryylistä pintaa voitavan käyttää asiakirjapaperien skannaukseen ja esittämiseen (Buxton 2007). Akryyli on siis hyvä valinta kosketustason materiaaliksi.

Optinen kosketustekniikka on kestävää ja osaa kalibroituja itseksien olosuhteiden vaihtuessa, sillä anturit reagoivat vain tason pinnalla tapahtuviin muutoksiin (3M 2009; Hoye & Kozak 2010, 1–5). Sitä hyödyntävät laitteet ovat yleensä suurikokoisia, mikä tekee siitä tarkimman kosketustekniikan (Hoye & Kozak 2010, 4). Optinen kosketustekniikka on myös skaalautuvaa (3M 2009). Teoriassa sitä hyödyntämällä voidaan siis tehdä monen kokoisia kosketusnäyttöjä tai -levyjä. Muutamien asiantuntijoiden mukaan optiikkaan perustuvat laitteet tunnistavat sormet; kädet, joissa on hansikkaat; sekä kynät. Useitakin yhtäaikaista kosketuksia tunnistavat laitteistot ovat mahdollisia. (Buxton 2007; Hoye & Kozak 2010; 3M 2009.) On myös rakennettu paineen tunnistavia optisia järjestelmiä (Buxton 2007). Lähes millä tahansa esineillä voidaan syöttää kosketusdataa (Buxton 2007; Hoye & Kozak 2010, 4). Näistä syistä optiset tekniikat ovat muita monipuolisempia.

Optisessa järjestelmässä kosketus tapahtuu käytännössä hieman pinnan yläpuolella (3M 2009). Tämä voi vähentää kulumista, koska käyttäjän ei tarvitse painaa pintaa, mutta myös virheiden määrä saattaa tällöin lisääntyä (3M 2009; Hoye & Kozak 2010).

Optiseen kosketustekniikkaan perustuvat järjestelmät vaativat toistaiseksi paljon tilaa (Buxton 2007; Hoye & Kozak 2010; 3M 2009). Syynä on infrapuna-LEDien varjojen tarkkaan laskemiseen liittyvät tilavaatimukset (Hoye & Kozak 2010, 4). Tekniikka on tällä hetkellä erittäin tarkka, mutta sen tilantarve on huomattava. Optista kosketusteknologiaa onkin käytetty lähinnä suurissa näytöissä. Sitä soveltavien laitteiden valmistuskustannukset ovat muita tekniikoita korkeammat (Hoye & Kozak 2010, 5). Tilavaatimuksia ja hintaa kasvattaa monikosketustuen lisääminen. Yksittäisen ja kaksoiskosketuksen tunnistamiseen riittää kaksi yläreunan päihin sijoitettavaa kameraa, mutta monikosketuksen tapauksessa niitä tulee yleensä olla neljä – yksi jokaiseen kulmaan (3M 2009). Lisäksi optinen tekniikka on monimutkaista (Buxton 2007). Usean kameran käyttö ei ainakaan kumoa tätä käsitystä. Lisäksi kamerapohjainen kosketustekniikka kärsii valaistusongelmista (Buxton 2007). Tosin ainakin suomalainen MultiTouch valmistaa monikosketusnäyttöjä, joissa on vain yksi kamera ja jotka toimivat myös vaihtelevissa valaistusolosuhteissa (MultiTouch 2012). Silti kaikkia kosketuselementtejä ei voida integroida laitteen pintaan (Buxton 2007). Tämän takia järjestelmän toteutus jää hajanaiseksi.

Suuri tilantarve ja erityisesti korkea hinta ovat todennäköisiä syitä, miksi optiset kosketusjärjestelmät eivät toistaiseksi ole juuri yleistyneet kuluttajien keskuudessa. Tunnetuin tämän tekniikan sovellus on Microsoftin Surface -kosketuspöytä (Buxton 2007; Hoye & Kozak 2010). Sitä markkinoidaan lähinnä yrityksille juuri hintansa takia (Hoye & Kozak 2010, 2). Yksityishenkilöille suunnatut optista monikosketustekniikkaa hyödyntävät tuotteet ovatkin olleet harvinaisia. MultiTouchin valmistamia optisia monikosketusnäyttöjä myydään kuitenkin suhteellisen edullisesti yritys- ja ammattikäyttöön (MultiTouch 2012). Valoonkin perustuvat monikosketustekniikat yleistyvät mahdollisesti lähivuosina.

Sisäiseen heijastukseen perustuvien optisten kosketusjärjestelmien tulevaisuudennäkymät ovat jokseenkin hyvät. Tekniikkaan liittyviä ongelmia pyritään ratkaisemaan ja osin tässä on jo onnistuttukin. Erityisesti tilavaatimukseen on kiinnitetty huomiota. Buxton, Hoye ja Kozak kirjoittavat, että Microsoft on esitellyt tutkimusosastonsa kehittämän ThinSight-tekniikan, joka mahdollistaa huomattavasti entistä ohuimmat optiset kosketusnäytöt (Buxton 2007; Hoye & Kozak 2010, 1–2). Se on kuitenkin edelleen kehitteillä (Hoye & Kozak 2010, 2). Microsoft on julkistanut toisenkin tutkimustyöhön perustuvan optista tekniikkaa hyödyntävän tuotteen, jossa on ohuehko näyttö. Se on uusi versio yrityksen kosketuspöydästä ja sen nimi on Surface 2.0. (Buxton 2007.) Myös VTT on tutkinut optista kosketus-

tekniikkaa. Se on kehittänyt menetelmän, jolla mistä tahansa tasosta voidaan tehdä monikosketusnäyttö. Tämä perustuu videokameroita ja tietokonetta hyödyntävään konenäköön. Tekniikka tunnistaa kosketussyvyyden toisin kuin useimmat käytössä olevat monikosketuslaitteet, eikä käyttäjän tarvitse koskettaa näyttöruutua. (VTT 2010.) MultiTouchinkin tuotteissa on ratkaistu optisen tekniikan ongelmia. Yrityksen monikosketusnäytöt toimivat useissa valaistusolosuhteissa, tunnistavat rajattomasti kosketuspisteitä ja käsiä sekä ovat kestäviä ja alustariippumattomia. Ne toimivat niin vaaka- kuin pystyasennossakin. Lisäksi yksittäisiä näyttöjä voidaan yhdistää keskenään, jolloin saadaan suuria monikosketuspöytiä tai -seiniä. (MultiTouch 2012.)

Optista monikosketustekniikkaa voidaan yleisesti käyttää usealla tavalla. Jotkut näytöt tunnistavat esineitä, joten käyttöliittymässä voi olla kosketustasolla siirrettäviä objekteja. Buxton kutsuu ratkaisua tartuttavaksi tai käsin kosketeltavaksi käyttöliittymäksi (graspable/tangible interface). Hänen mukaansa sen tutkiminen alkoi viimeistään 1990-luvulla, jonka jälkeen on tehty sitä hyödyntäviä sovelluksia. (Buxton 2007.) Näitä käyttöliittymiä varten on kehitetty rajapintoja, joista yksi esimerkki on TUIO-protokolla. Sitä käyttäen voidaan seurata näytöllä olevia objekteja. Buxtonin mukaan optisen tekniikan tunnistusominaisuudet soveltuvat asiakirjojen skannaamiseen ja esittämiseen tai tekstin lukemiseen, jos kosketuspinta on läpinäkyvä (Buxton 2007). Lisäksi on mahdollista tunnistaa elektronisia laitteita ja siten olla vuorovaikutuksessa niiden kanssa (Hoye & Kozak 2010, 2). Optisia näyttöjä voidaan siis käyttää hyvin monenlaisiin tarkoituksiin. Buxton on kirjoittanut erään tällaisen tuotteen olevan muutakin kuin monikosketuspinta (Buxton 2007). Tämä kuvaa osuvasti optisen monikosketusteknologian mahdollisuuksia.

Nykyisistä monikosketustekniikoista kapasitiivinen ja kameroita hyödyntävä optinen ovat käytetyimpiä. Resistiivistä monikosketusta ei ole yleisesti saatavilla, vaan käytettävissä on enintään kaksoiskosketus. Kapasitiivinen tekniikka muistuttaa paljon resistiivistä mutta tukee usein monikosketusta ja molempia käytetään mobiililaitteissa sekä muussa pienikokoisessa kulutuselektroniikassa. Sen sijaan suuriin laitteisiin ne eivät Hoyen ja Kozakin mukaan yleensä sovellu, vaan näissä käytetään usein (toistaiseksi) mobiililaitteisiin sopimattomia optisia tekniikoita (Hoye & Kozak 2010, 5). Voidaan ajatella, että tällä hetkellä eri monikosketusteknologiat täydentävät toisiaan.

3.4 Sovelluksia

Viime vuosiin saakka monikosketustekniikka on ollut lähinnä tutkijoiden toimintaa ja kaupalliset ratkaisut ovat vasta yleistymässä. Teknologian ja työkalujen tultua yhä useamman saataville on syntynyt jopa monikosketussovelluksiin erikoistuneita yrityksiä.

Myös olemassa olevat yritykset ja yhteisöt ovat kiinnostuneet tästä tekniikasta. Joihinkin käyttöjärjestelmiin ja ohjelmistoihin onkin lisätty monikosketustuki. Muun muassa Microsoftin Windows 7 -käyttöjärjestelmässä on tällainen ominaisuus (Microsoft 2011). Se tukee monikosketuseleitä ja on suunniteltu kosketusnäytöille sopivaksi. Useat käyttöjärjestelmän ohjelmat tunnistavat ja osaavat tulkita monikosketusta. (Microsoft 2011.) Windows 7 tukee myös Surfacea. Microsoftin lisäksi muutkin kehittäjät ovat kiinnostuneet monikosketuksesta. Esimerkiksi Mozilla Firefox -Internet-selaimen neljännessä ja sitä uudemmissa versioissa on tuki monikosketukselle (Rouget 2010).

Monikosketusta hyödynnetään paljon musiikissa. Useat ohjelmistot käyttävät monikosketusnäyttöjä sekä mahdollisesti niiden tunnistamia esineitä ja toimivat soittimina. Esimerkiksi JazzMutant-niminen yritys valmisti Lemur-musiikkikontrolleria, jossa oli monikosketusnäyttö (JazzMutant 2011; Buxton 2007). Tämän tuotteen ympärille muodostui yhteisö, joka valmisti työkaluja, joilla käyttäjät voivat tehdä siihen muutoksia kuten omia käyttöliittymiä (JazzMutant 2011). Lemur oli ensimmäinen läpinäkyvä monikosketustuote, joka oli myös kaupallinen (JazzMutant 2011; Buxton 2007). Toinen monikosketusta hyödyntävä musiikkisovellus on ReacTable-instrumentti. Siihen sisältyy näytön päällä siirreltäviä esineitä, joiden avulla tehdään ja soitetaan musiikkia. ReacTablessa on siis käsin kosketeltava käyttöliittymä. Ohjelmistosta on tehty myös mobiiliversio. (ReacTable Systems 2011.) Myös OEI ja CENTRIA ovat tutkineet monikosketuksen hyödyntämistä musiikkisovelluksissa. Jussi Väisänen ja Juhana Jauhiainen ovat kehittäneet Multitouch Cell -näytölle hyperinstrumentin, jolla voidaan tehdä reaaliaikaisia äänimaisemia. Ohjelman käyttäjä säveltää ja soittaa musiikkia liikuttamalla näytöllä olevia objekteja, minkä lisäksi hän voi esimerkiksi määrittää liukusäätimistä nuottien satunnaisuutta. (Väisänen & Jauhiainen 2010.)

Eräs uusi kosketusteknologian käyttökohde on mikroskooppi. Jari Peltoniemen kirjoittaman Prosessori-lehdessä julkaistun uutisen mukaan Suomen molekyyli lääketieteen instituutti ja MultiTouch-yritys ovat kehittäneet monikosketusmikroskoopin. Siinä suurella

monikosketusnäytöllä voidaan navigoida ja zoomata näytettä. Mikroskoopin ottamat biologiset näytteet muunnetaan digitaalisiksi ja tallennetaan Internet-palvelimelle, jolta nämä kuvat haetaan monikosketusnäytölle ja esitetään siinä. Järjestelmän kerrotaan sopivan ainakin opetuskäyttöön sekä tieteellisiin kokouksiin. (Peltoniemi 2011.) Mikroskoopin lisäksi monikosketusnäytölle on tehty kolmiulotteisia karttasovelluksia (Stewart 2010; IntuiLab 2010). Saksassa taas on kehitetty arkkitehtuurin tarpeisiin monikosketusohjelmisto, jossa rakennuksia voidaan tutkia sekä kaksi- että kolmiulotteisesti. Edellisessä vaihtoehdossa pohjapiirroksia voidaan skaalata ja kääntää, jälkimmäisessä liikutaan rakennuksessa muuttamalla kameran sijaintia yhdellä ja kulmaa toisella sormella. (Fraunhofer 2011.) Näitä innovaatioita voidaan pitää esimerkkinä siitä, että monikosketus sopii tiedesovelluksiinkin.

Osa monikosketussovelluksista liittyy mobiililaitteisiin. Ne hyödyntävät usein laitteen omaa näyttöä, mutta on sovelluksia, joissa suuret monikosketuslaitteet kommunikoivat esimerkiksi matkapuhelinten kanssa. Näistä on esimerkkejä luvussa 4. Lisäksi tässä työssä tehty sovellus, jota käsitellään luvussa 5, käyttää älypuhelinta ja isoa monikosketusnäyttöä.

3.5 Huomioitavaa käyttöliittymäsuunnittelussa

Monikosketusnäytöillä on vielä lyhyempi historia kuin mobiililaitteilla, eikä niidenkään käyttöliittymissä siis oikeastaan ole yleisiä konventioita.

Varsinkin suurten monikosketusnäyttöjen vuorovaikutussuunnittelussa pätevät pitkälti samat ohjeet kuin graafisia käyttöliittymiä laadittaessa, koska molemmissa visuaalisuus on tärkeää. Puhutaan kompositiosta ja layoutista, jotka tarkoittavat kokonaiskuvasta yksityiskohtiin johtavaa esitystapaa sekä aineiston esityksen osien asettelua (Oulasvirta 2011, 164–167). Myös Sinkkonen ja kumppanit kertovat asettelulla olevan merkitystä: käyttäjän tavoitteiden ja tehtävien mukaisesti aseteltu käyttöliittymä on nopea, tehokas ja intuitiivinen (Sinkkonen ym. 2006, 155–156). Toisaalta ryhmittymät ja johdonmukaisuudet ovat tärkeä osa suunnittelua (Oulasvirta 2011, 164–167). Monet tutkijat painottavat ryhmittelyn lisäksi kontrastia, tilaa ja sijoittelua (Sinkkonen ym. 2006, 155–156).

Käytettävyyden psykologia -teoksessa kerrotaan hahmolaeista. Niiden mukaan lähekkäisyys, samanlaisuus, tuttuus, valiomuotoisuus, liike, jatkuvuus, sulkeutuvuus ja erityisesti

yhteenliittyminen määrittävät ryhmiä. Teoksen kirjoittajat esittävät, että lisäksi oikein suunnitellut värit tehostavat ohjelman käyttöä. Sävyjen tulisi vastata todellisuutta ja niiden määrä olisi hyvä rajoittaa muutamaa. Myös kontrastilla on merkitystä – käyttöliittymäelementtien on erotuttava ympäristöstään. (Sinkkonen ym. 2006, 89–133.)

Kosketusnäytöissä on syöttölaiterajoituksia. Niiden käytettävyyttä tutkineet Pär-Anders Albinsson ja Shumin Zhai ovat esittäneet, että sormet, kädet ja käsivarret voivat peittää näkyvyyttä, eikä sormi ole kovin tarkka tai soveltu erittäin pienten kohteiden käyttöön (Albinsson & Zhai 2003). Useat kosketusteknologiat eivät tue kaikkia syöttötapoja (3M 2009; Hoyer & Kozak 2010; Buxton 2007). Isojenkaan monikosketusnäyttöjen käyttöliittymäelementtien ei siis tulisi olla kovin pieniä. Ne kannattaisi sijoittaa mahdollisimman näkyvästi.

Monikosketuksen ominaisuuksien takia perinteisen graafisen käyttöliittymämallin ratkaisut eivät aina toimi. Esimerkiksi käyttäjä voi koskettaa kahta elementtiä, vaikka ohjelman suunnittelija on ajatellut, että vuorovaikutuksessa ollaan vain yhden kanssa kerrallaan. Ohjelma voi tällöin toimia odottamattomasti, mikäli tätä ei ole huomioitu suunnittelussa.

Suurissa monikosketusnäytöissä on paljon tilaa käyttöliittymälle. Tämä voi johtaa ajatuksen, että yksityiskohtiakin voidaan tällöin lisätä. Toisaalta monet käytettävyy- ja suunnitteluasiantuntijat suosivat vain olennaisen asian esittämistä ja kaiken muun piilottamista tai siirtämistä taustalle (Sinkkonen ym. 2006; Jones & Marsden 2006; Oulasvirta 2011). Käyttäjän huomio voi kiinnittyä epäolennaisuuksiin myös suurilla näytöillä. Vain keskeisimmän informaation esittämisen periaate korostuu siis isoissakin monikosketusnäytöissä – tosin ehkä osittain päinvastaisista syistä kuin mobiililaitteissa.

Keskeisimmän tiedon esittämisen lisäksi kompositio ja layout ovat ehkä erityisen tärkeitä suurissa monikosketusnäytöissä juuri näiden ison tilan takia. Myös kohteen ja taustan on erotuttava toisistaan selvästi, ja monella muullakin visuaalisuuteen liittyvällä suunnitteluluohjeella on merkitystä. Erityisesti optisten monikosketusnäyttöjen ominaisuuksia kannattaa hyödyntää mahdollisimman tehokkaasti, mutta käyttäjät huomioiden, jolloin sovelluksista voidaan tehdä tehokkaita ja intuitiivisia. Käyttöliittymän luonnollisuus on tärkeää.

4 LAITTEIDEN VÄLINEN VUOROVAIKUTUS

Mobiililaitteen ja monikosketusnäytön välinen vuorovaikutus voidaan nähdä iso- ja pienikokoisen tietotekniikan yhteiskäyttönä. Oulasvirran teoksen mukaan läsnä-älyn käytön toteutustapojen pääsuuntina ovat ympäristön yhteisten resurssien hyödyntäminen tai voimavarojen pääasiallinen kulkeminen käyttäjän mukana (Oulasvirta 2011, 197). Sekä mobiililaitetta että monikosketusnäyttöä hyödyntävät järjestelmät voidaan nähdä näiden suuntausten yhdistäjänä: osa resursseista kulkee henkilökohtaisina käyttäjien mukana, osa on ympäristössä kaikkien hyödynnettävissä. Myös Jones ja Marsden kertovat lyhyesti mobiililaitteen ja suuren näytön yhteiskäytöstä: ne voisi yhdistää toisiinsa asynkronisesti, eli laitteita käytettäisiin erillään toisistaan eri aikaan usein jonkin työlään operaation toimiessa taustalla, tai synkronisesti, eli laitteita käytettäisiin yhdessä ja yhtäaikaaisesti. He mainitsevat esimerkkinä asynkronisesta käytöstä tiedonsiirron mobiililaitteelta keskustietokoneen käsiteltäväksi ja synkronisesta mobiililaitteen käytön pöytätietokoneen esityksen ohjauksessa. (Jones & Marsden 2006, 285.) Mobiililaitetta ja monikosketusnäyttöä voidaan siis hyödyntää yhdessä monin tavoin.

Tässä luvussa käsitellään mobiililaitteen ja monikosketusnäytön välisiä vuorovaikutusmenetelmiä. Näiden edellytyksenä on yleensä jonkinlaisen verkon muodostaminen, johon kaikki keskenään kommunikoivat laitteet kuuluvat. Tässä luvussa näiden verkkojen läpikäyminen on ensimmäisenä asiana. Vuorovaikutuksessa tärkeää on myös laitteiden välinen tiedonsiirto, jota käsitellään toisessa alaluvussa. Varsinaisia vuorovaikutusmenetelmiä käydään läpi sen jälkeen. Mukana on myös käyttäjän ja laitteiden välisen kommunikaation pohdintaa. Lopuksi esitellään muutama tähän vuorovaikutukseen liittyvä sovellus sekä käyttöliittymäsuunnitteluperiaatteita.

4.1 Tietoverkot

Tietoverkko on datan siirtämiseen tarkoitettu järjestelmä. Tietoliikennetekniikassa se on useiden laitteiden välinen verkosto. Se voi liittyä muihin tietoverkkoihin tai olla niiden osa. Verkoissa on ylläpito-, palvelu- ja tietoliikenteenvälitysjärjestelmien lisäksi keskenään

sekä verkon palveluiden kanssa kommunikoivia päätelaitteita. Nykyaikaisissa tietoverkoissa ne voivat olla esimerkiksi mobiililaitteita, muita tietokoneita ja antureita.

Tietoverkoissa käytetään kiinteää ja langatonta teknologiaa. Edellisessä laitteet pysyvät paikallaan, ja ne on yhdistetty toisiinsa kaapeleilla. Jälkimmäisessä taas niiden välillä ei ole näkyvää yhteyttä ja niitä voidaan yleensä siirtää paikasta toiseen. Muun muassa tästä syystä mobiililaitteiden ja monikosketusnäytön väliset verkot kannattaa toteuttaa langattomasti. Tähän ratkaisuun vaikuttaa myös käytön nopeus, helppous ja intuitiivisuus: mobiililaitetta ei tarvitse kytkeä esimerkiksi kaapelien avulla monikosketusnäyttöön. Tällöin fyysisten liitäntöjen määrä ei rajoita yhtäaikaaisesti näyttöön yhdistettävien laitteiden määrää. Langattomuus tukee kaikkialla läsnä olevan ja huomaamattoman ubiikkiteknologian ajatusta, jossa tekniikka ei häiritse käyttäjää.

Langattomat verkot muistuttavat jossain määrin langallisia. John Vaccan kirjoittamassa teoksessa *Wireless Data Demystified* kerrotaan, etteivät ne eroa toisistaan tehtävien suorituksen osalta käyttäjän näkökulmasta katsottuna (Vacca 2003, 4). Bob O'Hara ja Al Petrick esittävät teoksessaan *IEEE 802.11 Handbook: A Designer's Companion* vastaavanlaisen ajatuksen, jonka mukaan langattomat verkot muistuttavat ulkoisesti ja tuntumaltaan langallisia. He kertovat, että IEEE:n standardien mukaiset verkot ovat toteutustavasta riippumatta keskenään yhdenmukaisia muun muassa rajapintojen ja protokollien osalta. (O'Hara & Petrick 1999, 1.) Langattomassa verkossa toimivat siis periaatteessa samat palvelut kuin langallisessakin.

Langattomien ja langallisten verkkojen eroista suurin on ehkä kaapelointi, jota edellisessä ei ole. Tästä seuraa jälkimmäistä parempi liikkuvuus (O'Hara & Petrick 1999, 2). Langaton teknologia sopiikin hyvin moniin tilanteisiin, kuten väliaikaisiin, tiettyyn tarkoitukseen tehtyihin verkkoihin (Vacca 2003, 5–9). Niistä käytetään nimitystä ad hoc.

Langattomissa verkoissa on yleisesti useita etuja. Merkittävin on ehkä liikkuvuus. Siitä seuraa verkon kulkeminen käyttäjänsä mukana (O'Hara & Petrick 1999, 2). Langattomuus myös parantaa käytettävyyttä (Arokoski ym. 2002, 67). Se vähentää kustannuksia sekä lisää asiakaspalvelun laatua, ja joidenkin tekniikoiden teoreettiset siirtonopeudet ovat suuremmat kuin lankaverkoissa (Vacca 2003, 4–31). Varsinkin standardoidut ratkaisut muistuttavat usein perinteisiä (Vacca 2003, 4; O'Hara & Petrick 1999, 1). Esimerkiksi sovel-

luskehityksen kannalta tämä on hyvä asia, sillä langalliset ja langattomat verkot eivät tarvitse erillisiä ohjelmaversioita.

Langattomissa verkoissa on myös ongelmia. Liikkuvuus monimutkaistaa suunnittelua ja toteutusta (O'Hara & Petrick 1999, 3–4). Lisäksi langattomat verkot ovat epäluotettavia, hitaita ja standardoinniltaan monimutkaisia (Vacca 2003, 31). Langattomuuden haasteiden ja vaatimusten takia standardeihin onkin tehty lisäyksistä (O'Hara & Petrick 1999). Interferenssialttiutuuksien on yleisesti tiedossa oleva ongelma (Vacca 2003, 38; O'Hara & Petrick 1999, 171–172; Arokoski ym. 2002, 72). Myös tietoturva on asettanut haasteita, joihin on vastattu salausmenetelmin (O'Hara & Petrick 1999, 2). Osa niistä on murrettu, mutta osa on edelleen luotettavia (Vacca 2003, 7). O'Hara ja Petrick kirjoittavat, että signaalien etenemiseen liittyy interferenssin ohella muitakin ongelmia kuten heijastumisia, häipymiä ja monitie-etenemistä. He myös antavat ohjeita näiden asioiden huomiointiin. (O'Hara & Petrick 1999.) Tosin ne koskevat osittain vain IEEE:n lähiverkkotekniikoita.

Ongelmistaan ja puutteistaan huolimatta langattomilla verkoilla on paljon mahdollisuuksia, ja jotkin asiat eivät onnistuisi muuten toteutettuna. Mobiiliteknologia ja useat (muut) ubiikkitekniset innovaatiot ovat esimerkkejä tästä. Myös mobiililaitteen ja monikosketusnäytön välinen sujuva vuorovaikutus onnistuu parhaiten langattomasti.

Matkapuhelin tai PDA-laite sekä monikosketuspöytä tai -seinä voidaan yhdistää toisiinsa ilman kaapeleita monin eri tavoin. Yksi on Bluetooth. Sitä kehittävän Bluetooth Special Interest Groupin Internet-sivuilla tekniikan kerrotaan olevan ennen kaikkea vakaa, edullinen ja energiaa säästävä (Bluetooth SIG 2011). Usean asiantuntijan mukaan se on monipuolinen ja turvallinen (Bluetooth SIG 2011; Vacca 2003, 145–148; Arokoski ym. 2002, 67–79). Ongelmaksi taas esitetään kaistanleveys (Arokoski ym. 2002, 76). Interferenssialttiutta pidetään yleisesti tekniikan haittana (Arokoski ym. 2002, 71–72; Vacca 2003, 111; O'Hara & Petrick 1999, 171). Bluetoothia käytetään silti paljon.

Bluetooth voi olla hyvä vaihtoehto mobiililaitteen ja monikosketusnäytön välille. Pienen kaistanleveytensä takia se ei tosin soveltune suurten tiedostojen jakoon tai esimerkiksi videon suoratoistoon. Sen sijaan piiri- ja pakettikytkentäisyytensä ansiosta sillä voitaneen siirtää esimerkiksi puhetta (vertaa Arokoski ym. 2002, 75–76). Monipisteyhteys- ja useaan verkkoon kuulumisen mahdollisuuksia taas voitaisiin soveltaa esimerkiksi siten, että moni-

kosketusnäyttö lähettäisi dataa kerralla kaikille siihen liittyneille mobiililaitteille, jotka voisivat tuolloin olla yhteydessä muihinkin näyttöihin (vertaa Arokoski ym. 2002, 79–80). Monen asiantuntijan mukaan monipuolisuutta voi hyödyntää lisäämällä verkkoon sensoreita tai muita älykkäitä laitteita (Bluetooth SIG 2011; Vacca 2003, 145–146).

Toinen mobiililaitteen ja monikosketusnäytön välinen tietoverkkovaihtoehto on infrapunatekniikka. WiFiNotes-sivuston mukaan se on kustannuksiltaan edullinen ja sopii monenlaisten laitteiden yhdistämiseen (WiFiNotes 2011). Lisäksi infrapunatekniikka toimii kahteen suuntaan yhtäaikaaisesti, mutta sen kantama on erittäin lyhyt (WiFiNotes 2011; Ciccarelli & Faulkner 2004, 149). Infrapuna-aallot eivät läpäise seiniä, mitä voidaan toisaalta hyödyntää käyttöympäristösuunnittelussa (vertaa WiFiNotes 2011). Perinteistä infrapunatekniikkaa käytetään lähinnä televisioiden kaukosäätimissä. Mobiililaitteen ja monikosketusnäytön välisessä verkossa sovelluskohde voisi olla vastaavanlainen: infrapunaportillinen matkapuhelin tai PDA-laite toimisi lyhyen matkan päästä näytön kauko-ohjaimena, vieressä tehtävien kosketuseleiden täydentäjänä. Mobiililaitteista esimerkiksi Nokia N900 -puhelimessa on perinteinen infrapunaportti. IrDA on hieman tätä menetelmää monipuolisempi ja tietoverkoissa ehkä paras infrapunatekniikka. Vuoteen 2010 mennessä se on kuitenkin väistynyt matkaviestimistä toisten yhteysteknologioiden tieltä, mutta sensoreissa ja kulutuselektronikassa sitä käytetään yhä jonkin verran.

Joissakin tapauksissa GPRS voi sopia mobiililaitteen ja monikosketusnäytön välisen verkon toteutustekniikaksi. Monet matkapuhelimet ovat sen kanssa yhteensopivia. GPRS on kuitenkin hidas (Ziegler 2011; Vacca 2003, 132). Lisäksi paikallisen matkapuhelinverkon on tuettava sitä (Vacca 2003, 132). GPRS:ää voi kuitenkin hyödyntää sovelluksissa, joissa ei siirretä suuria tiedostoja. Usein kannattaa silti käyttää 2,5G:tä uudempia, kuten kolmannen sukupolven (3G), tekniikoita.

Neljänteen mobiilisukupolven liittyvistä tekniikoista jotkut, kuten Long Term Evolution (LTE), voivatkin olla suositeltavia vaihtoehtoja. Joidenkin laitevalmistajien mukaan LTE tarjoaa käyttäjilleen mobiilin Internet-yhteyden (Motorola 2007; Gessner 2008). Valmistajat ja 3G Partnership Program kertovat, että sen siirtonopeudet ovat suuria ja viiveet sekä yhdistymisaika pieniä (Gessner 2008; Motorola 2007; 3GPP 2009). Lisäksi LTE:stä on suunniteltu Advanced -versiota, joka on edeltäjäänsä paljon nopeampi (3GPP 2011). LTE:n ongelmia ovat toistaiseksi kilpailu ja harvinaisuus. Lähitulevaisuudessa se on yleis-

tyttyään ja etujensa ansiosta todennäköisesti erittäin hyvä vaihtoehto kaikenlaisiin mobiililaitteen ja monikosketusnäytön välisiin verkkoihin.

Tällä hetkellä ehkä useimpiin tilanteisiin suositeltavin ratkaisu on IEEE 802.11 -standardin mukainen WLAN eli langaton lähiverkko, josta käytetään myös nimitystä Wi-Fi. Sen käyttö ja ylläpito ovat samanlaisia kuin langallisissa verkoissa (O'Hara & Petrick 1999, 1). Etuja ovat myös monipuolisuus ja suurempi nopeus kuin esimerkiksi Bluetoothissa sekä verkkoon yhdistettävien laitteiden enimmäismäärän puuttuminen. Ongelmina taas esitetään hinta, virrankulutus, tilantarve ja tietoturva. (Arokoski ym. 2002, 83–84.) Näistä viimeinen on ehkä tämän tekniikan suurin haaste (O'Hara & Petrick 1999, 74; Vacca 2003, 7). Monet asiantuntijat pitävät interferenssialttiutta haittana (Arokoski ym. 2002, 72; O'Hara & Petrick 1999; Vacca 2003). Virrankulutus- ja tietoturvaongelmat ovat suuria erityisesti itsenäisissä ad hoc -verkoissa, jollaiset sopivat mobiililaitteen ja monikosketusnäytön välille. Virransäästö on tehotonta kyseisessä verkossa, koska siinä ei ole tästä vastaavia tukiasemia (O'Hara & Petrick 1999, 10). Tietoturva voi olla ongelma, sillä jotkut laitteet tukevat ad hoc -tilassa heikompia salaustapoja kuin infrastruktuuriverkoissa. Haitat silti jäänevät vähäisiksi, jos mobiililaitteen ja monikosketusnäytön välinen yhteys pidetään lyhytaikaisena.

Alkuperäinen IEEE 802.11 -standardi on osin vanhentunut eikä oikeastaan enää käytössä. Sen sijaan voidaan hyödyntää joitakin sille kehitettyjä laajennuksia. Näistä ensimmäinen on 802.11a, joka on hyvin nopea ja toimii suhteellisen häiriöttömällä taajuuskaistalla (Vacca 2003, 111; O'Hara & Petrick 1999). Lisäksi kyseisellä alueella on tilaa rinnakkaisille verkoille ja kehittyneen moduloinnin ansiosta kantomatka voi olla yhtä pitkä kuin matalataajuisissa vaihtoehdoissa (Vacca 2003, 111–113). IEEE 802.11b puolestaan toimii alkuperäisen standardin häiriöalttiilla taajuusalueella mutta on hieman tätä nopeampi ja yhteensopivampi (O'Hara & Petrick 1999, 139–148; Vacca 2003, 111). Se on edelleen yleisesti käytössä. IEEE 802.11g -standardi taas on yhteensopiva b:n kanssa ja toimii sen taajuusalueella, mutta on sitä nopeampi ja kantamaltaan huomattavasti pidempi (Vacca 2003, 111). Myös tätä standardin laajennusta käytetään paljon. Vuoden 2009 lopulla julkaistu nopea IEEE 802.11n on jo yleinen, ja sitä hyödyntäviä laitteita on jo saatavilla. Parannellut IEEE 802.11 -tekniikat sopivat hyvin useanlaisten mobiililaitteen ja monikosketusnäytön välisten verkkojen toteutustavaksi, koska ne ovat monipuolisia, nopeita ja yleisiä.

Tietoverkon toteutusvaihtoehtoa valitessa kannattaa huomioida ainakin käytettävien laitteiden ominaisuudet ja verkon tarkoitus. Yksittäisiin tekniikoihin ei tarvitse tukeutua: mobiililaitteissa on usein monia yhteysmahdollisuuksia, joita voidaan käyttää yhdessä ja siten hyödyntää eri tekniikoiden etuja.

4.2 Tiedonsiirto

Tiedonsiirto on tapahtuma tai toimenpide, jossa dataa siirtyy tietoverkossa laitteelta toiselle. Tähän voidaan käyttää arkkitehtuuriltaan monenlaisia verkkoja sekä protokollia (eli laitteiden ja ohjelmien keskinäisiä kommunikointikäytäntöjä), joiden välillä voi olla esimerkiksi yhteydellisyseroja. Itse tietokin voi olla useantyyppistä.

Verkkoarkkitehtuureista tunnetuin on ehkä palvelin–asiakas-malli, jossa päätelaitteet kommunikoivat keskustietokoneen kanssa. Web Developers Notes- ja InetDaemon-verkkosivustoilla kerrotaan tällaisesta tiedonsiirrosta: niiden mukaan asiakas pyytää informaatiota palvelimelta, joka etsii sen ja antaa tälle (Web Developers Notes 2011; InetDaemon 2011). Sitten yhteys katkaistaan eikä palvelin muista sitä jälkeenpäin (Web Developers Notes 2011). Palvelin vastaa useimmista yhteydenpitotehtävistä sekä kuuntelee asiakkaiden yhteyspyyntöjä (InetDaemon 2011). Mobiililaitteen ja monikosketusnäytön välisessä vuorovaikutuksessa on ehkä luontevaa ajatella verkon suuri paikallaan pysyvä osa (monikosketusnäyttö) palvelimena ja pieni liikkuva sekä muuttuva osa (mobiililaitte) asiakkaana. Toteutuksen kannalta tämä on usein järkevääkin, sillä muiden verkkojen tapaan myös tässä asiakkaat voivat tällöin vaihtua. Monikosketusnäytön tietokoneessa voi lisäksi olla enemmän resursseja useiden yhteyksien hallintaan kuin mobiililaitteissa.

Toinen verkkoarkkitehtuuri on peer-to-peer- eli vertaisverkkomalli. Se voidaan toteuttaa monella eri tekniikalla, joista WiFi on ehkä yleisin. Clay Shirky ja Nora Elers kertovat, että vertaisverkko on hajautettu ja sen kaikki työasemat keskenään tasa-arvoisia (Shirky 2000; Elers 2011). Shirky painottaa lisäksi resurssien tehokasta hyödyntämistä ja verkon osien autonomisuutta (Shirky 2000). Tosin Elerskin mainitsee resurssien tehokäytön, mikä hänen mukaansa näkyy liikenteen vähenemisenä (Elers 2011). Myös Jones ja Marsden mainitsevat vertaisverkon laitteiden keskinäisen tasa-arvon ja toteavat, että tekniikalla voi tehdä sekalaisia mobiililaitteiden välisiä tiedonjakosovelluksia (Jones & Marsden 2006, 286).

Mobiililaitteen ja monikosketusnäytön verkossa peer-to-peer-malli voisi toimia, jos tarkoituksena on sen kummankin osan tasapuolinen hyödyntäminen: monikosketusnäyttö käyttää mobiililaitteen resursseja ja päinvastoin. Esimerkiksi näytön tietokone kysyy matkapuhelimelta siihen tallennettuja kuvatiedostoja, saa ne, ja sitten mobiililaitte voi pyytää vastaavanlaisia kuvia monikosketusnäytöltä.

Internet-tekniikoita hyödyntävissä ratkaisuissa käytetään usein Transfer Control Protocol (TCP) -protokollaa. Se on aihetta tutkineen John Kristoffin ja InetDaemon-sivuston mukaan yhteydellinen, eli viestijöiden välille muodostetaan yhteys ennen tiedonsiirtoa, ja monin tavoin luotettava (Kristoff 2000; InetDaemon 2011). Toisaalta TCP on juuri luotettavuus- ja yhteydellisyysyistä monimutkainen (Kristoff 2000). TCP:tä käytetään usein IP-yhteyskäytännön kanssa. Puhutaan TCP/IP-protokollasta.

Myös User Datagram Protocol (UDP) -protokollaa käytetään paljon Internet-teknisissä ratkaisuissa. Se on yhteydetön toisin kuin TCP (Kristoff 2000). Tämä piirre mainitaan InetDaemon- ja The Computer Technology Documentation Project -verkkosivustoilla, joissa UDP:n kerrotaan myös olevan TCP:tä epäluotettavampi (InetDaemon 2011; CompTechDoc 2011). Tähän voidaan kiinnittää huomiota sovelluksissa. UDP:n tehtävänä on pilkkoa siirrettävä data osiin. (InetDaemon 2011.) Tällöin nopeus voi kasvaa. UDP:n tavoitteena on mahdollisimman vähäisen liikenteen lähettämisen (CompTechDoc 2011). Se toimii aina IP-protokollan kanssa (InetDaemon 2011; CompTechDoc 2011).

TCP-protokollaa käytetään yleisesti hyvin monenlaisessa verkkoliikenteessä. Tärkeimpiä kohteita ovat sovellukset, joissa tiedon on tultava luotettavasti perille. Esimerkiksi tiedostojen siirtoon suunniteltu FTP perustuu TCP/IP:lle (InetDaemon 2011). Se on palvelin-asiakas-verkkoihin sopiva järjestelmä, jossa yleensä asiakas hakee tiedostoja palvelimelta tai lähettää niitä sinne. Mobiililaitteen ja monikosketusnäytön välillä jälkimmäisen tietokone voisi toimia palvelimena, johon edellisestä siirrettäisiin tiedostoja.

UDP-protokollaa käytetään yleensä, kun tietoa on siirrettävä vähän kerrallaan ja nopeasti. Tunnettuja kohteita ovat verkonhallinta ja reititys (CompTechDoc 2011; InetDaemon 2011). Sitä voidaan silti hyödyntää muuallakin kuin tietoverkkoyhteyksissä ja -palveluissa. Esimerkiksi monikosketussovelluksiin suunniteltu TUIO-protokolla käyttää kehittäjiensä mukaan UDP:tä. TUIO on yhteyskäytäntö, jolla esimerkiksi monikosketusnäytölle voidaan

välittää tietoa kosketustapahtumista ja -pisteistä. Tämä informaatio lähetetään viesteinä, joissa on muun muassa tasolla olevien objektien koko, sijainti ja nopeus (Kaltenbrunner, Bovermann, Bencina & Constanza 2005.) Myös TUIO perustuu palvelin–asiakas-malliin (Kaltenbrunner ym. 2005; Touch-Base 2011). Touch-Base-verkkosivun mukaan UDP:n käytön ansiosta TUIO-palvelin ja -asiakas voivat sijaita eri laitteilla tai paikallisverkoissa (Touch-Base 2011). Mobiililaitteen ja monikosketusnäytön välisessä vuorovaikutuksessa protokollaa voitaisiin käyttää vaikka niin, että mobiililaitteella suoritettaisiin tehtäviä graafisen tai luonnollisen käyttöliittymän keinoin, ja tulokset vietäisiin monikosketusnäytölle TUIO-viesteinä ja muunnettaisiin kosketuseleiksi ja -tapahtumiksi.

4.3 Vuorovaikutustapoja

Mobiililaitte ja monikosketusnäyttö voivat vuorovaikuttaa keskenään usein eri tavoin. Osa menetelmistä toimii itsenäisesti, osassa käyttäjä on mukana laitteiden välisen suhteen käynnistäjänä, ohjaajana tai pysäyttäjänä. Tällöin käyttöliittymillä on merkitystä tässä kommunikaatiossa. Itsenäinen ja käyttäjästä riippuvainen vuorovaikutustapa eivät ole aina toisensa poissulkevia vaan voivat toimia myös yhdessä. Esimerkiksi laitteet voivat muodostaa yhteyden automaattisesti, ja käyttäjä voi sitten päättää, mitä niillä tehdään.

4.3.1 Automaattinen

Automaattisessa vuorovaikutustavassa laitteet toimivat keskenään itsestään ilman käyttäjän aktiivista osallistumista. Tapahtumille kannattaa kuitenkin asettaa ehtoja – toimenpiteet alkavat ja kenties jatkuvat vain tiettyjen parametrien ollessa määritettyjen rajojen sisäpuolella. Ajatus on samanlainen kuin automaatiojärjestelmissä. Parametrien selvittämisessä ja mittauksessa voitaisiin käyttää esimerkiksi sensoreita, paikkatietojärjestelmiä, verkkoyhteyksiä tai lukulaitteita. Positiivisen Käyttäjäkokemuksen kannalta katsottuna pitkäkestoisessa vuorovaikutuksessa tulisi ehkä olla keinoja alkaneen tapahtumasarjan pysäyttämiseksi. Kontekstietoisuus on ajankohtainen aihe (Jones & Marsden 2006; Oulasvirta 2011). Järjestelmä voisi siis itse tunnistaa sopivat kommunikointiolosuhteet ja -tavat sekä päätellä, mitä tietoa ne voisivat jakaa keskenään. Kuitenkin kontekstin tunnistus ja sen mukaan toimiminen on edelleen haastavaa (Oulasvirta 2011, 207; Jones & Marsden 2006, 282–283).

Toistaiseksi automaattisen vuorovaikutuksen soveltaminen jäänee yksinkertaisiin asioihin kuten laitteiden välisten yhteyksien hallintaan ja mahdollisesti joidenkin sovellusten käynnistämiseen.

4.3.2 Graafinen käyttöliittymä

Toinen vuorovaikutustapa on graafisen käyttöliittymän hyödyntäminen. Tässä käyttäjällä on suurempi rooli kuin automaattisessa menetelmässä. Graafista käyttöliittymää (Graphical User Interface, GUI) tai sen keinoja voidaan käyttää joko mobiililaitteessa tai monikosketusnäytöllä – tai molemmissa.

Ennen graafisia ratkaisuja käyttöliittymät olivat yleensä komentorivipohjaisia (Command Line Interface, CLI), ja niitä pidettiin jäykkinä sekä hankalina. Näistä syistä tekstipohjaiset käyttöliittymät eivät yleensä sovi mobiililaitteen ja monikosketusnäytön väliseen luonteeseen ja sujuvaan vuorovaikutukseen. Oulasvirran mukaan mahdollisesti ensimmäiset graafiset käyttöliittymät syntyivät 1960-luvulla Ivan Sutherlandin ja Douglas Engelbartin töiden tuloksina, mutta vastaavanlaiset tekniikat yleistyivät vasta 1980-luvulla Applen ja 1990-luvulla Microsoftin tuotteiden myötä (Oulasvirta 2011, 174). GUI on 2010-luvun alussa ehkä yleisin käyttöliittymätyyppi.

Monikosketuskäyttöliittymiä kehittävä Josh Blake kertoo blogissaan graafisten käyttöliittymien perustana olevan ikkunoista, kuvakkeista, valikoista ja osoitinlaitteista koostuva WIMP-malli (Windows, Icons, Menus, Pointing Devices) (Blake 2009). Tätä ajattelutapaa sovelletaan yleisesti. Käytettävyyden psykologia -teoksessa GUI:n todetaan nojautuvan ihmisen kuvan- ja hahmontunnistuskyykyyn (Sinkkonen ym. 2006, 162). Siinä kerrotaan olevan monenlaisia symboleja (Sinkkonen ym. 2006, 122). Jones ja Marsden taas esittävät, että GUI on komentorivipohjaista suurempi ja toiminnallisuudeltaan näkyvämpi, mikä heidän mukaansa sopii ihmisen toimintaan (Jones & Marsden 2006, 101).

Graafisen käyttöliittymän hyödyntäminen mobiililaitteen ja monikosketusnäytön välisessä vuorovaikutuksessa on todennäköisesti toimiva ratkaisu, sillä sitä käytetään hyvin monissa tietokonesovelluksissa. Tällaisen järjestelmän käyttö voisi olla siis helposti opittavissa. Käytännössä tieto syötettäisiin järjestelmälle painonappikuvia ja muita graafisia elementte-

jä hyödyntäen, kosketusnäytöillä todennäköisesti enintään yhdellä sormella kerrallaan. Palaute olisi visuaalista, minkä lisäksi ehkä kuuluisi joitakin ääniä. Jones ja Marsden mainitsevat, ettei GUI kuitenkaan vastaa täysin todellisen maailman manipulointia (Jones & Marsden 2006, 101). Se ei sovellukaan mobiililaitetta ja monikosketusnäyttöä hyödyntävään järjestelmään, mikäli näiden ominaisuuksia aiotaan hyödyntää tehokkaasti. Jälkimmäinen laite mahdollistaa luontevamman, suoremman ja sujuvamman vuorovaikutuksen ihmisen ja tietokoneen välille kuin graafinen käyttöliittymä. Sama koskee nykyaikaisia, ominaisuuksiltaan monipuolisia mobiililaitteita.

4.3.3 Luonnollinen käyttöliittymä

Kolmas mobiililaitteen ja monikosketusnäytön väliseen järjestelmään sopiva vuorovaikutustapa on luonnollinen käyttöliittymä (Natural User Interface, NUI). Se on ajattelumalli, jossa tietokoneen kanssa tapahtuva vuorovaikutus on suoraa ja helposti opittavissa sekä vastaa muuta ihmisen toimintaa. Mallissa käyttäjällä on merkittävä rooli kuten graafistakin käyttöliittymää hyödyntävissä ratkaisuissa. NUI:n tarkoitus on olla GUI:ta suurempi ja luonnollisempi. Tähän tavoitteeseen pääsemiseksi siinä hyödynnetään ihmiselle luontaisia interaktiomenetelmiä. Perinteisten laitteiden vuorovaikutuskyvyt ovat yksinkertaisempia kuin ihmisten ja siten voivat aiheuttaa käyttäjän turhautumisen (Jones & Marsden 2006, 18). Oulasvirran teoksessa luonnollinen käyttöliittymä määritelläänkin sellaiseksi, että se tarjoaa ihmisen ja tietotekniikan välille vuorovaikutusmenetelmiä, jotka ovat monipuolisempia kuin perinteiset vaihtoehdot (Oulasvirta 2011, 194).

Josh Blake ja Ron George ovat ehdottaneet, että WIMP-mallin vastine luonnollisissa käyttöliittymissä voisi olla objekteista, säiliöistä, eleistä ja manipulaatiosta koostuva OCGM-malli (Objects, Containers, Gestures and Manipulations) (Blake 2009). Siinä objekti voi liittyä johonkin fyysiseen esineeseen tai olla käyttöliittymäelementti, säiliö on organisoitu ryhmä objekteja, eleillä käyttäjä voi käynnistää toimintoja, ja manipulaatioilla hän vaikuttaa suorasti objekteihin ja säiliöihin. Manipulaatioon verrattuna ele on monimutkaisempi ja se tulee opetella. Ele voidaan ajatella manipulaatioryhmänä, kuten säiliö käsitetään objekti-joukkona. (George 2009.) Monet asiantuntijat painottavat luonnollisen käyttöliittymän määritelmässä useiden aistien hyödyntämistä ja puhuvat tämän puolesta (Oulasvirta 2011, 198–199; Jones & Marsden 2006, 18–26; Sinkkonen ym. 2006, 70–77). NUI-malliin sisäl-

tyy joka paikan tietotekniikan osana myös äärimmäisen helppo opittavuus ja käytettävyys (Oulasvirta 2011, 196).

Ele on jonkin viestin välittämiseen tarkoitettu liike. Sen käyttö ja yhdistäminen muihin vastaaviin liikkeisiin on tavallista ihmiselle, joten eleet sopivat luonnollisiin käyttöliittymiin. Oulasvirran teoksen mukaan ele on liike, liikesarja tai kasvojen ilme, jonka käyttäjä tuottaa tarkoituksellisesti antaakseen tietokoneelle komennon tai informaatiota (Oulasvirta 2011, 201). Koneelliseen eletunnistukseen voidaan käyttää muun muassa kosketusteknologiaa (Jones & Marsden 2006, 23). Toisaalta sensorit tai kamerakin soveltuvat tähän tarkoitukseen (Oulasvirta 2011, 201). Eleviestejä voi lähettää niin monikosketusnäytöllä kuin mobiililaitteellakin.

Myös puhe on ihmiselle luonnollinen viestintätapa, ehkä jopa luonnollisin (Arokoski ym. 2002, 215). Äänen välitykseen suunniteltu matkapuhelin sopii teoriassa puhekäyttöliittymiin ja ehkä pöytätietokoneenkin kanssa viestimiseen. Ääniliittymiä on tutkittu, mutta niissä on yhä ongelmia (Arokoski ym. 2002, 234; Jones & Marsden 2006, 19–20; Oulasvirta 2011, 200; Sinkkonen ym. 2006, 73–75). Yksi haaste on kielten huomiointi. CENTRIA on kehittänyt Kompai-palvelurobottiin suomenkielistä käyttöliittymää, jossa on puheentunnistus ja jossa sovelletaan Lingsoftin ohjelmistoa (CENTRIA 2011).

Monikosketukseen liittyy läheisesti käsien käyttö. Puhutaan tartuttavista käyttöliittymistä (Tangible User Interface, TUI) (Kaltenbrunner ym. 2005; Oulasvirta 2011, 208). Ne sisältävät järjestelmän tunnistamia fyysisiä elementtejä, joita voidaan siirrellä ja ehkä muokata käsin (Oulasvirta 2011, 208–209; Buxton 2007). Oulasvirran mukaan käsin kosketeltavat käyttöliittymät ovat osa orgaanista käyttöliittymää (Organic User Interface, OUI), joka nähdään mahdollisena vaihtoehtona ihmisen ja tietokoneen välisen vuorovaikutuksen tulevaisuudelle. Siinä syöttö- ja palautejärjestelmät yhdistyvät toisiinsa sekä vastaavat nyky-menetelmiä paremmin ihmisen taitoja, ja niiden muoto voi muuttua dynaamisesti. Orgaanisen käyttöliittymän käsite on kuitenkin vasta muotoutumassa. (Oulasvirta 2011, 207–209.) Silti käsin kosketeltavaa käyttöliittymää jo hyödynnetään. On sekä monikosketusnäytölle tehtyjä sovelluksia, joihin sisältyy järjestelmän tunnistamia esineitä (luku 3.4), että ohjelmistoja, joissa myös mobiililaitte voidaan tunnistaa tällaisena objektina (luku 4.4). Identifiointiin voi tehdä esimerkiksi kameran ja TUIO-viestien avulla.

Luonnollisissa käyttöliittymissä monipuolinen, järkevä ja tilanteeseen sopiva palaute on tärkeää. Mobiililaitteen ja monikosketusnäytön järjestelmässä vastaus voidaan välittää molempien kautta. Sama koskee syöttöä, mutta etenkin palaute vaikuttaa käytettävyyteen.

Yleisesti luonnollisissakin käyttöliittymissä näkö- ja kuuloaisteihin liittyvä palaute voidaan antaa perinteisesti näyttöjen ja kaiuttimien avulla. Edellisessä tosin voidaan hyödyntää myös mobiililaitteen LEDejä. Käsien kosketeltavissa käyttöliittymissä fyysisen esineen siirtyminen tai muodon muuttuminen voi olla osa visuaalista palautetta. Sinkkonen ja kumppanit ovat kirjoittaneet, että puhe- tai ääniliittymissä varsinkin kuuloaistia koskevat viestit ovat tärkeitä (Sinkkonen ym. 2006, 73–75). Kosketus- ja tartuttavissa käyttöliittymissä taas haptinen palaute on merkittävässä osassa. Se on tuntoaistien välittämää tietoa, joka liittyy kosketukseen, paineeseen, lämpötilaan ja liikuntaan (Oulasvirta 2011, 187; Sinkkonen ym. 2006, 259). Tuntopalautetta varten joissakin mobiililaitteissa on värinätoiminto (Jones & Marsden 2006, 20–21). Vastaavanlainen ja monia muita tuntoaistia hyödyntäviä ominaisuuksia saattaa tosin olla myös toisissa tietoteknisissä järjestelmissä (Oulasvirta 2011, 198–199). On myös kehitetty kosketusnäyttöprototyyppi, jossa käyttäjälle luodaan pientosähköisen värähtelyn avulla vaikutelma kolmiulotteisesta käyttöliittymästä, jonka elementit tuntuvat keskenään erikorkuisilta ja -syvyisiltä (Hoye & Kozak 2010, 6).

Mobiililaitteen ja monikosketusnäytön välisessä vuorovaikutuksessa NUI:n kannalta merkittävimpiä ovat matkapuhelimen tai PDA-laitteen sensorit ja mahdollisesti oma kosketusnäyttö sekä monikosketuspöydän tai -seinän kyky tunnistaa useita yhtäaikaista kosketuksia ja ehkä esineitäkin kuten mobiililaitteita. Näihin verrattuna yhtä tärkeää on sensorien ja näyttöjen hyödyntäminen eleissä sekä hyvin kohdennettu palaute.

4.4 Sovelluksia

Mobiililaitteiden ja suurten monikosketusnäyttöjen välinen vuorovaikutus on jokseenkin uusi asia. Aiheeseen liittyviä ohjelmistoja ja palveluita on julkaistu vain muutamia. Seuraavaksi esitellään muutama tällainen sovellus. Lisäksi tässä työssä on kehitetty aiheeseen liittyvä ohjelmisto, jota käsitellään luvussa 5.

4.4.1 Tiedon ja tiedostojen jako

Tiedostonjakosovelluksessa mobiililaitteen ja monikosketusnäytön välillä voidaan siirtää esimerkiksi kuvia, musiikkia tai muita sovelluksia.

Amnesia Connect on tiedostojenjakosovellus, jota kehittää Amnesia Razorfish -yritys. Siinä käytetään monikosketuspöytää mobiililaitteiden keskinäiseen sekä niiden ja itse pöydän väliseen tiedonsiirtoon ja -jakoon. Toteutustekniikoita ovat Wi-Fi, etäisyyden havainnointi, tunnukset ja puhelinten kiihtyvyysanturit. Käyttäjä on vuorovaikutuksessa järjestelmän kanssa liikkein ja elein. (Amnesia Razorfish 2011.) Sovelluksessa hyödynnetään siis luonnollista käyttöliittymää.

Microsoftin optinen Surface-monikosketuspöytä osaa siirtää tiedostoja itsensä ja valmistajansa mobiililaitteiden välillä. Sillä voidaan myös välittää tietoa matkapuhelimelta, musiikkisoittimelta tai kameralta toiselle. Tämä tehdään asettamalla mobiililaitteeseen monikosketusnäytölle. (Hoye & Kozak 2010, 2; Microsoft 2007.) Pöytä tukee laitteiden välisessä vuorovaikutuksessa Bluetooth- ja Wi-Fi-tekniikoita sekä kykenee tunnistamaan esineitä ja monikosketuseleitä (Microsoft 2007). Sitä voidaan siis käyttää sovelluksissa, joissa on luonnollinen tai käsin kosketeltava käyttöliittymä ja joissa voi olla myös automaattisia tapahtumia laitteiden välillä.

UBI Oulu on Oulun yliopiston ja kaupungin yhteinen hanke, jossa tietotekniikka tuodaan keskustassa liikkujille palveluiden parantamiseksi. Yksi osa-alue on monikosketusnäytöllä Bluetoothin kautta puhelimeen ladattavat mobiilipalvelut. (UBI Oulu 2009.) HIIT:n ja MultiTouch Oy:n CityWall taas on Helsingin keskustassa oleva monikosketusnäyttö, jolla esitettäviä kuvia ja videoita voidaan kommentoida puhelimella tekstiviestein, jotka ilmestyvät näytölle kaikkien nähtäville. (CityWall 2009.) UBI Oulu ja CityWall ovat esimerkkejä läsnä olevan, käyttäjiään sujuvasti palvelevan joka paikan tietotekniikan yleistymisestä.

4.4.2 Monikosketusnäytön käyttö mobiililaitteella

Monikosketusnäyttöä voidaan ohjata mobiililaitteellakin. Tosin tätä ei ole oikeastaan sovellettu, vaikka se olisikin teknisesti mahdollista. Esimerkiksi mobiililaitteen käyttö pöytä-

tietokoneen kaukosäätimenä on kyllä keksitty ja useita tätä ajatusta hyödyntäviä sovelluksia kehitetty, muttei juuri monikosketusnäyttöjen etäohjaukseen. Jonkinlaisia näiden laitteiden synkronista yhteiskäyttöä soveltavia järjestelmiä on kuitenkin tehty.

Nokialla on kehitetty järjestelmä, jossa mobiililaitetta käytetään suurelta monikosketusnäytöltä (Virolainen, Paldanius, Lehtiö & Häkkinen 2011). Se siis toimii päinvastoin kuin useat mobiililaitetta ja suurta näyttöä hyödyntävät sovellukset. Tekijöidensä mukaan järjestelmä hyödyntää monikosketuksessa optista tekniikkaa ja suuren näytön kuvan prosessointiin mini-PC:tä, joka tekee videodatan pohjalta kosketustapahtumia ja lähettää ne mobiililaitteelle (Virolainen ym. 2011). Järjestelmää voi ehkä tulevaisuudessa hyödyntää mobiililaitteen multimedian toistoon kotikäytössä.

TUIOpad ja TUIOdroid ovat mobiililaitteen omaa monikosketusnäyttöä hyödyntäviä ohjelmia, joilla voidaan lähettää Wi-Fi- tai 3G-verkon kautta esimerkiksi puhelimen kosketuspisteitä TUIO-viesteinä muille laitteille kuten pöytätietokoneille. TUIOpad hyödyntää myös mobiililaitteen kiihtyvyysanturia ohjelman näkymän vaihdossa. (Akten & Kaltenbrunner 2011; Schwirten & Kaltenbrunner 2011.) Sovellukset on suunniteltu TUIO-yhteensopivien monikosketusohjelmistojen kanssa käytettäväksi. Niillä myös suurten monikosketusnäyttöjen etäkäyttö voisi periaatteessa olla mahdollista.

4.4.3 Paikannus ja paikkatiedon esittäminen

Mobiili- ja monikosketusteknologiat sopivat mahdollisesti paikkatietosovelluksiin. Sekä pientä mobiililaitetta että suurta monikosketusnäyttöä käyttävissä sovelluksissa ehkä järkevin tapa hyödyntää paikkatietoa on datan kerääminen mobiililaitteella ja esittäminen monikosketusnäytöllä. Näin käytetään molempien etuja: edellistä voi kuljettaa kätevästi, ja se on usein paikannettavissa; jälkimmäisessä on iso esityspinta-ala, ja siinä informaatiota voidaan käsitellä sekä tutkia helposti.

Tällaisia kovin tunnettuja paikkatietosovelluksia ei oikeastaan ole 2010-luvun alussa. Eräs mahdollisuus olisi järjestelmä, jossa mobiililaitteet tallentavat jatkuvasti sijaintitietoa. Kun ne tuodaan monikosketusnäytön lähelle, tiedot siirretään sen tietokoneelle ja sitten esitetään karttapohjalla polkuna. Toinen mahdollisuus olisi mobiiliohjelmisto, joka lähettää

paikkatiedon langattomasti ja lähes reaaliajassa monikosketusnäytölle. Siinä mobiililaitteen sijainti taas näytetään kartalla jatkuvasti päivittyvänä pisteenä. Edellinen sovellus on esimerkki laitteiden asynkronisesta, jälkimmäinen synkronisesta yhteiskäytöstä.

4.5 Huomioitavaa käyttöliittymäsuunnittelussa

Mobiililaitteen ja monikosketusnäytön välistä vuorovaikutusta sisältävät sovellukset eivät ole toistaiseksi yleistyneet, eikä niiden käytettävyyttä ole juuri tutkittu. Suunnittelussa voidaan kuitenkin hyödyntää yleistä ja muista sovelluksista saatua käytettävyystietoa.

Mobiililaitteen ja monikosketusnäytön järjestelmä toteuttaa ajatusta, jonka mukaan sovellus käyttää ulkoisia resursseja. Tällaisen näkemyksen mukaan käyttäjän ja ulkomaailman ominaisuuksia voisi hyödyntää tuotteessa. Edellisiä ovat esimerkiksi käyttäjän asenteet, kokemukset ja osaaminen; jälkimmäisiä muun muassa Internet (Sinkkonen ym. 2006, 44–45.) Puhutaan myös informaatioekologioista, joihin tuotteen tulisi sopia ja joiden kanssa sen tulisi toimia. Käsitteellä tarkoitetaan tietyssä paikassa olevaa järjestelmää, jossa on muun muassa ihmisiä ja heidän tarpeitaan palvelevaa teknologiaa. Mobiililaitteen informaatioekologioita ovat esimerkiksi muut ympäristössä olevat tietokoneet ja -verkot, konteksti ja vuorovaikutuksen ominaisuudet kuten nopeus ja käyttäjän aktiivisuus. (Jones & Marsden 2006, 280–283.) Mobiililaitteen näkökulmasta monikosketusnäyttö on siis osa ympäristöä ja päinvastoin. Tällaisessa järjestelmässä on myös tietoverkkoja ja ainakin jonkinlaista laitteiden välistä vuorovaikutusta.

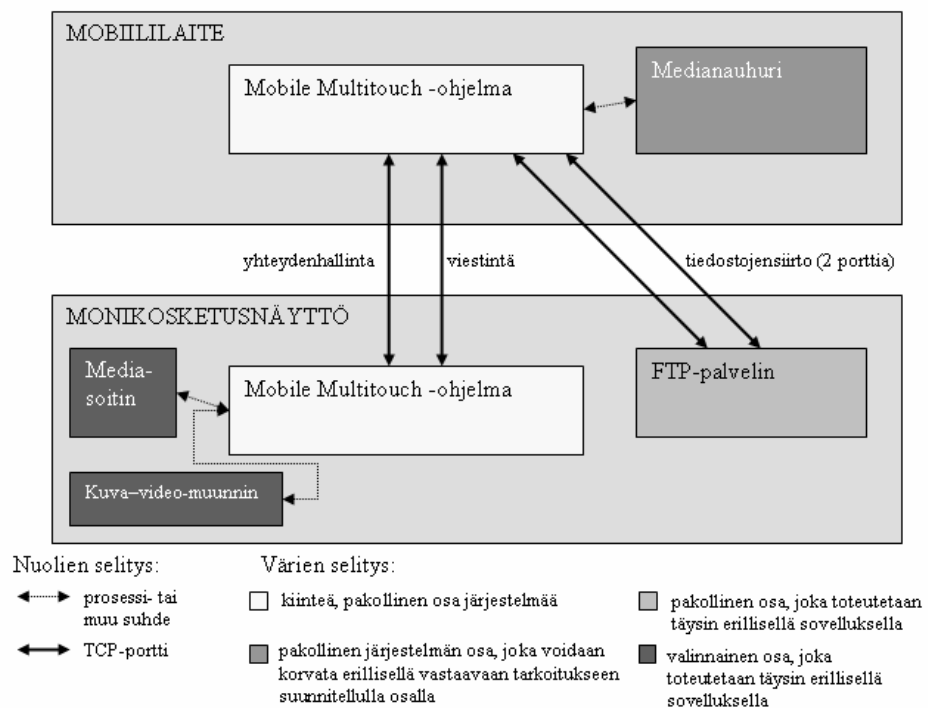
Monitehtäväympäristö jakaa käyttäjän tarkkaavaisuutta ja haittaa tehtävien suorittamista. Ratkaisuksi ehdotetaan eri aistien käyttöä eri tarkoituksiin tai systemaattista kertomista käyttäjälle tehtävien edistymisestä ja seuraavista työvaiheista. Käyttäjä ei voi tarkkailla usean GUI-ikkunan yksityiskohtia yhtä aikaa. Niiden vuoroittainen tarkastelu kuitenkin onnistuu. (Sinkkonen ym. 2006, 100–102.) Mobiililaitteen ja monikosketusnäytön järjestelmässä käyttäjä ei siis ehkä voi tarkkailla molempien laitteiden näyttöjä samanaikaisesti. Niinpä tällainen systeemi on monitehtäväympäristö, mikäli molempia laitteita käytetään paljon yhdessä ja niiden sekä käyttäjän välillä on paljon aktiivista vuorovaikutusta.

Käytettävyyskirjallisuudessa painotetaan usein johdonmukaisen suunnittelun tärkeyttä (Oulasvirta 2011; Jones & Marsden 2006; Sinkkonen ym. 2006). Tämä korostuu useita laitteita käsittelevässä järjestelmässä. Erityisesti syötteen ja palautteen tulisi olla loogista. Esimerkiksi mobiililaitteelta lähetetyn viestin vastauksen voisi esittää kyseisellä laitteella. Palautetta ja muuta informaatiota ei kuitenkaan saa olla liikaa. Yleisesti suositellaan, että vain tärkein tieto esitetään tai ainakin keskeisin asia erottuu muista (Jones & Marsden 2006; Sinkkonen ym. 2006; Oulasvirta 2011).

Suunnittelun tavoitteena tulisi olla laitteiden sujuva ja luonnollinen yhteiskäyttö, jossa järjestelmän osat tukevat ja täydentävät toisiaan.

5 TOTEUTETTU SOVELLUS

Työssä tehtiin sovellus, jossa hyödynnetään mobiililaitteen ja monikosketusnäytön välistä vuorovaikutusta. Ideana on, että käyttäjä nauhoittaa mobiililaitteella valokuvia sekä ääni- ja videoleikkeitä, jolloin järjestelmä tallentaa niihin liittyvän paikka- ja aikadatan. Tämän jälkeen tiedostot siirretään mobiililaitteelta monikosketusnäytölle, jossa ne esitetään karttapohjalla nauhoituspaikan mukaan. Käyttöliittymään kuuluu myös aikajana, jolle kuvista, äänistä ja videoista voidaan koota lineaarisia esityksiä. Niitä voidaan toistaa, ladata ja tallentaa. Järjestelmästä käytetään työnimeä Mobile Multitouch, joka viittaa siinä käytettäviin laitteisiin. Kuviossa 1 esitetään toteutetun sovelluksen osat ja niiden suhteet.



KUVIO 1. Mobile Multitouch -järjestelmä

Sovellus hyödyntää useita ohjelmistoja. Näistä kuviossa 1 vaaleimmalla merkityt osat sekä medianauhuri toteutettiin tässä työssä. Lisäksi järjestelmä tarvitsee erillisen FTP-palvelimen. Monikosketusnäytölle tehtävä ohjelmisto sisältää oman mediasoittimen, mutta esitysten toistamiseen voidaan käyttää erillistäkin ohjelmaa. Järjestelmä tukee myös valo-

kuvien muuntamista videoiksi, mutta tämä on tehtävä ulkoisella sovelluksella, jos sitä aiotaan hyödyntää. Kuviossa 1 prosessisuhde tarkoittaa, että sovellus käynnistää ohjelman uutena prosessina ja odottaa, kunnes kyseinen toiminto on suoritettu. (KUVIO 1.)

Erillisten ohjelmistojen käyttö mediatiedostojen, siis valokuvien sekä ääni- ja videoleikkeiden, käsittelyssä sekä erityisesti FTP-palvelimena johtuu osaltaan siitä, että täydellisten vastaavien ohjelmistojen toteuttaminen itse olisi tehnyt opinnäytetyöstä liian laajan ja ehkä siirtänyt sen painopistettä liian paljon varsinaisen aiheen – laitteiden välisen vuorovaikutuksen – ulkopuolelle. Niinpä sovellus on täysin riippuvainen erillisestä FTP-palvelimesta, ja tehty medianauhuri sekä monikosketusnäytön ohjelman oma soitin sisältävät oikeastaan vain välttämättömät perustoiminnot. Toisaalta kun sovellus toimii muiden ohjelmien kanssa, sen suunnittelussa on yhtymäkohtia käytettävyysskirjallisuudessa esitettyyn ajatteluun, jossa hyödynnetään esimerkiksi käyttäjän kokemuksia, tietoverkkoja sekä ympäristössä olevia asioita (Sinkkonen ym. 2006, 44–45; Jones & Marsden 2006, 52). Tämä idea siis viedään sovellustasolle eli hyödynnetään muita ohjelmia. Esimerkiksi mobiililaitteen käyttäjä voi periaatteessa tallentaa mediatiedostoja haluamallaan ohjelmalla. Järjestelmän ylläpitäjä taas voi asettaa monikosketussovelluksen käyttämään jotain hyväksi havaittua mediasoitinta.

Sekä mobiililaitteen että monikosketusnäytön ohjelmistot on toteutettu pääosin C++-ohjelmointikielellä ja Qt-kehitysympäristöllä. Lisäksi median tallentamiseen käytetään GStreamer-kirjastoja, ja monikosketusnäytön karttapohja hyödyntää Google Maps JavaScript -ohjelmointirajapintaa. Testi- ja kohdelaitteina on Nokia N900 -puhelin sekä Multitouch Cell -monikosketusnäyttö, jota käytetään Windows 7 -työasemalta.

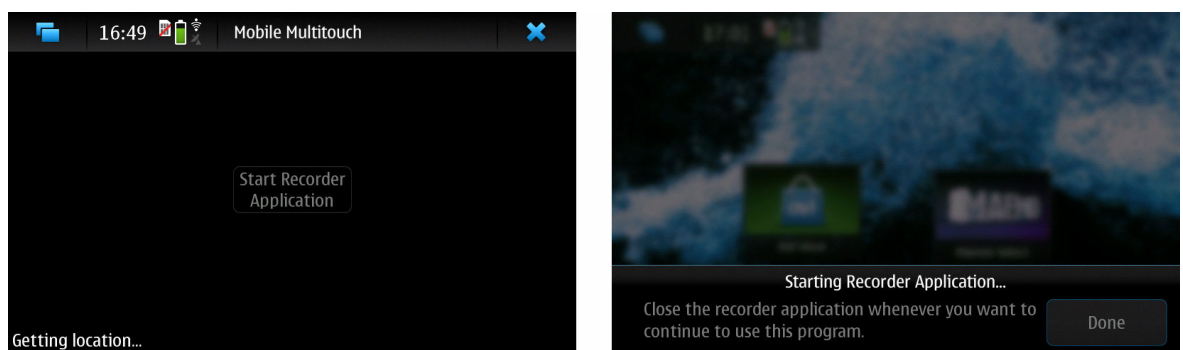
Qt valittiin ensisijaiseksi työkaluksi, koska siitä on hyviä kokemuksia ja se on havaittu niin tehokkaaksi kuin monipuoliseksikin. Sillä on esimerkiksi kehitetty CENTRIAn monikosketuskirjasto (Jauhiainen 2010). Myös Qt for Symbian -teoksessa tämän ohjelmointityökalun kerrotaan olevan helppokäyttöinen, tehokas, joustava ja alustariippumaton (Fitzek ym. 2010, 2). Qt on ollut merkittävä erityisesti sekä avoimen koodin maailmassa että mobiilikäytössä. Sillä on tehty esimerkiksi KDE-työpöytäympäristö ja useita Symbian-alustalle tarkoitettuja ohjelmia. Nokia N900 taas valittiin mobiililaitteeksi monipuolisuutensa ja erittäin avoimen Maemo-käyttöjärjestelmänsä takia. Sille voidaan myös kehittää sovelluksia helposti. Multitouch Cell puolestaan päätettiin ottaa monikosketusnäytöksi teknisten

ominaisuuksiensa vuoksi. Se tukee laadukasta 1920*1080-resoluutiota sekä tunnistaa rajatoman määrän kosketuspisteitä. Näyttö perustuu optiseen tekniikkaan, joten periaatteessa se havaitsee myös esineitä. Kuitenkaan ominaisuutta ei hyödynnetä tässä työssä.

Sen sijaan monikosketusnäytön sovelluksessa huomioitiin optisen tekniikan skaalautuvuus siten, että käyttöliittymä on suunniteltu toimimaan lähes kaikenkokoisilla näytöillä ja useilla resoluutioilla. Lisäksi sen osien mittasuhteita ja karttapohjan metadatatekstin kokoa voidaan muuttaa asetustiedostosta. Mobiilisovellukset taas hyödyntävät puhelimen (tai PDA:n) GPS-vastaanotinta, kameraa, mikrofonia ja kiihtyvyysantureita.

5.1 Mediatiedostojen nauhoitus ja metadatan kirjoitus

Valokuvien, äänen ja videon sekä niiden metatiedon tallennus on keskeinen osa järjestelmän käyttöä. Media nauhoitetaan mobiililaitteella käyttäen sovellusta, joka käynnistetään tässä työssä kehitetyn ohjelmiston käyttöliittymän painonapista (KUVIO 2). Näppäin on ikkunan keskellä, josta se näkyy hyvin ja on kosketusnäyttölaitteissa lähes aina helposti käyttäjän ulottuvilla. Kuviossa 2 oikealla on ikkuna, joka näytetään, kun käyttöliittymän nappia on painettu. Nauhurin käynnistämisen ohella ohjelman tehtäviä ovat paikannus- ja verkkoyhteyksien tilan kertominen käyttäjälle, mediatiedostoihin liittyvän metadatan haku ja tallennus sekä vuorovaikutus monikosketusnäytön kanssa.

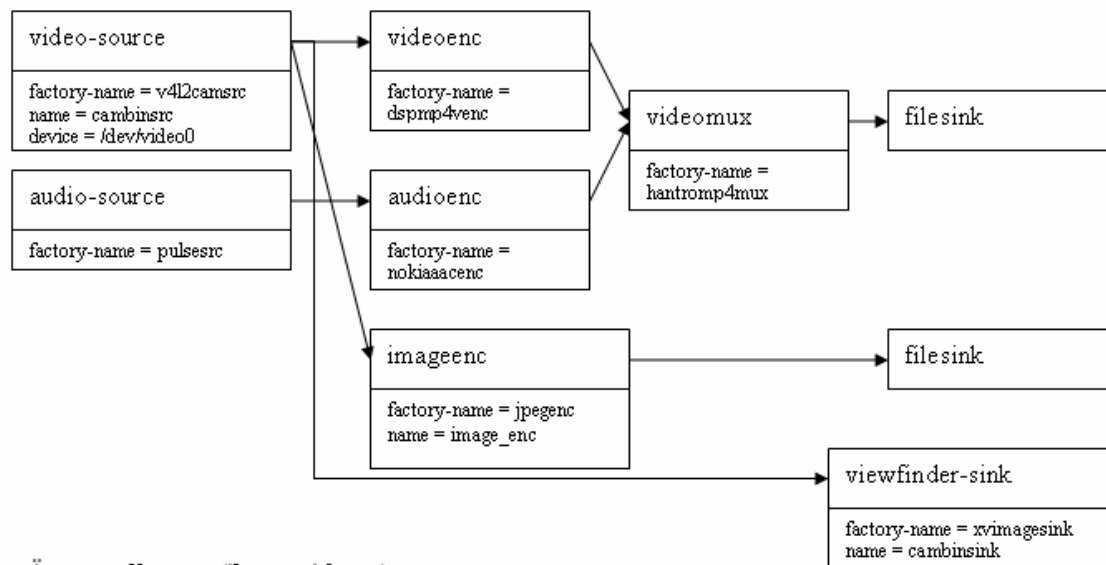


KUVIO 2. Mobiiliohjelman käyttöliittymä

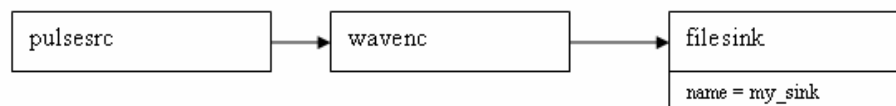
Erillisen nauhurisovelluksen käyttöön päädyttiin, jottei työmäärä kasvaisi liian suureksi. Tässä työssä käytettävän puhelimen omaa kameraohjelmistoa ei kuitenkaan saatu toimimaan riittävän luotettavasti toteutettavan sovelluksen kanssa, joten kehitettiin oma nauhuri. Qt:n kamerarajapinnat eivät olleet valmiita, minkä takia sitä ei suoraan integroitu muuhun ohjelmaan, vaan näiltä osin pysyttiin alkuperäisessä suunnitelmassa. Nauhurin pitämiseen erillisenä liittyy myös ekologia- ja käytettävyyshäkökulma: tällöin voidaan tarvittaessa käyttää sen asemesta jotain muuta sovellusta, kuten käyttäjän haluamaa nauhoitusohjelmaa. Lisäksi päätös on hyvä jatkokehityksen kannalta, sillä nyt varsinainen ohjelmisto voidaan Qt:n ominaisuuksien ansiosta siirtää eri alustoille. Ainoastaan nauhurin tilalla tulee tällöin käyttää muita sovelluksia. Näille ei aseteta erityisvaatimuksia, kunhan pääohjelma saa tiedon nauhoitussovelluksen käynnistämisestä ja sulkemisesta eikä sovellus tallenna mahdollisia väliaikaistiedostoja samaan paikkaan kuin varsinaista mediaa.

Medianauhuri käyttää GStreamer-kirjastoja kuvien, äänen ja videon tallentamiseen. GStreamer valittiin, koska se vaikutti sovelluskehityksen kannalta nopealta, dokumentaatio on hyvä eikä käyttö vaadi puhelimen päivittämistä. GStreamerin sovelluskehitysoppaan mukaan sen peruskäsitteitä ovat elementit – kuten datalähteet (source), datanielut (sink), kanavoijat ja kanavoinnin purkajat (multiplexer, demultiplexer) – sekä niiden muodostamat säiliöt (bin), joista tärkein on kaikkien elementtiensä suorittamisen salliva liukuhihna (pipeline) (Taymans, Baker, Wingo, Bultje & Kost 2011). Käsitteet ovat käytössä GStreamerin suomenkielisessä versiossa (Vainikainen 2005). Kuviossa 3 on opinnäytetyössä kehitetyn nauhurin liukuhihnat, jotka myös kuvaavat sen toimintaa. Niiden ohjelmoinnin apuna on käytetty dokumentaation esimerkkejä.

Kuvien ja videon tallennus

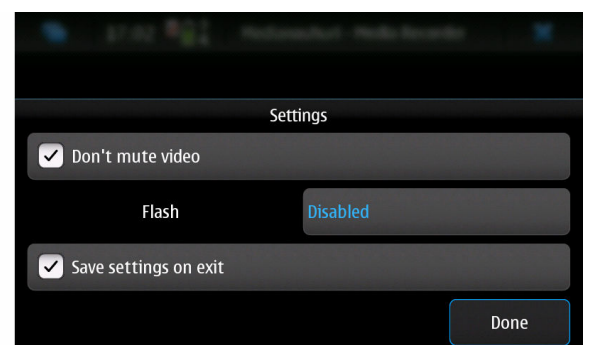
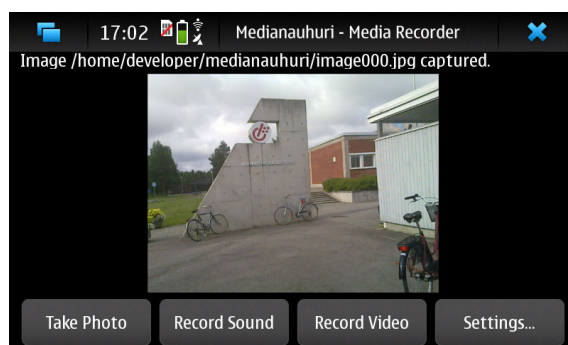


Äänen tallennus (ilman videota)



KUVIO 3. Medianauhuri-sovelluksen liukuhihnat

Medianauhurilla voidaan tallentaa kuvia, ääntä ja videota. Näistä ensimmäinen ja viimeinen toteutettiin GStreamerin CameraBin- ja Photography-lisäosilla. Pelkän äänen nauhoitus ilman kuvadataa ei niillä onnistu, joten tähän tarkoitukseen tehtiin toinen liukuhihna. Ohjelman käyttöliittymässä on painonapit valokuvien sekä ääni- ja videoleikkeiden tallentamiseen. Lisäksi käyttäjä voi muuttaa ohjelmassa salaman käyttöön ja videon mykistämiseen liittyviä asetuksia. Käyttöliittymä esitellään kuviossa 4.



KUVIO 4. Medianauhurin käyttöliittymä

Medianauhuri tallentaa valokuvat JPEG-muodossa, äänen tiedostomuoto on pakkaamaton WAV, ja videossa kuvadata on MP4- sekä ääni AAC-formaatissa. Kuitenkin Mobile Multitouch on yhteensopiva minkä tahansa mediatiedostojen kanssa, kunhan taustajärjestelmä (tai erillinen mediasoitin) tukee niiden tiedostomuotoa.

Medianauhurin tallentamien tiedostojen nimeämisessä noudatetaan digitaalikameroista tuttua kaavaa: ensimmäisenä nimessä on merkkijono, jonka jälkeen siinä on järjestysnumero ja lopuksi tiedostopääte. Kuviossa 4 vasemmanpuoleisen näkymän valokuvan päällä oleva teksti on esimerkki tästä käytännöstä. Tapa on kuitenkin huono käytettävyyden kannalta, sillä tiedoston nimestä ei voida päätellä sisältöä. Ehkä tulevaisuudessa menetelmälle kehitetään vaihtoehtoinen ratkaisu. Ehkä käyttäjä voisi itse nimetä tiedostot joko Medianauhurissa tai Mobile Multitouch -ohjelmassa. Jälkimmäinen olisi näistä kahdesta parempi, koska tällöin nimeäminen ei riipu nauhoitussovelluksesta.

Käyttäjän nauhoittaessa mediatiedostoja Mobile Multitouch -sovellus toimii taustalla ja tarkkailee sitä hakemistoa, johon valokuvat, äänet ja videoleikkeet tallennetaan. Kun uusi tiedosto luodaan, ohjelma hakee sijainti- ja aikatiedot sekä tallentaa ne tekstitiedostoon, jolla on samankaltainen nimi kuin luodulla mediatiedostolla. Paikannustekniikkana käytetään ulkona GPS:ää, koska se on kattava ja suhteellisen tarkka. Sisätiloissa järjestelmä ei osaa hakea sijaintia. Ohjelmoinnissa hyödynnettiin Qt:n Mobility-lisäosan paikannusraja-pintaa (Location API). Jos käyttäjä liikkuu nauhoittaessaan ääntä tai videota, tiedostoon liittyvää aikaa ja paikkaa ei päivitetä. Metadata siis kirjoitetaan vain tallennusta aloitettaessa. Mediakansion seuranta lopetetaan käyttäjän suljettua nauhoitussovelluksen. Kun paikatietoa ei päivitetä eikä tiedostojen sijaintia tarkkailla koko aikaa, mobiililaitteen resursseja voidaan säästää monikosketusnäytön kanssa viestimiseen.

5.2 Tiedonsiirto monikosketusnäytölle

Mobiililaitteelle tallennetut mediatiedostot voidaan siirtää monikosketusnäytölle, kun laitteet ovat tunnistaneet toisensa. Identifiointi on toteutettu siten, että mobiililaitteet lähettävät tietystä TCP-portista kyselyviestejä asetustiedostossa määrittäytyyn IP-osoitteeseen, ja kun monikosketusnäytön ohjelman palvelin saa tällaisen viestin, se lähettää mobiililaitteelle

vastauksen ja järjestelmä päättää yhteyden muodostuneen. Viestintä jatkuu säännöllisesti, ja jos mobiililaitte ei saa kyselyihinsä vastausta, yhteyden katsotaan katkenneen.

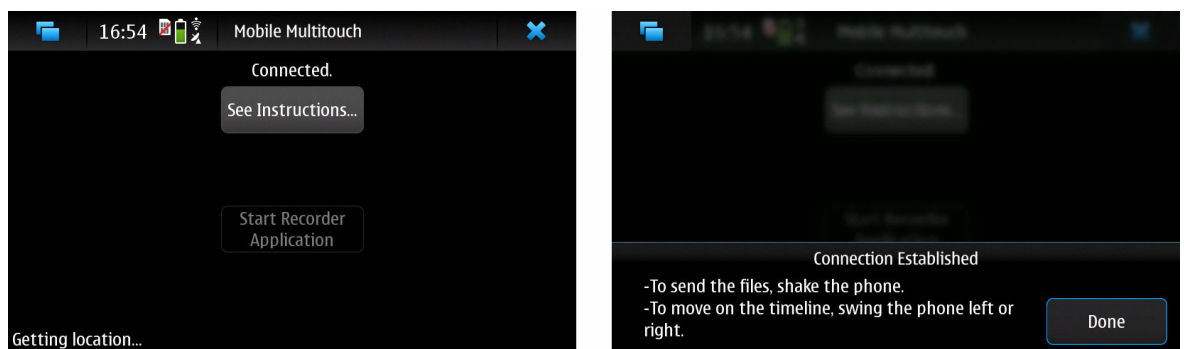
Mobiililaitteen ja monikosketusnäytön välinen tietoverkko noudattaa palvelin–asiakas-mallia, jossa näytön tietokone palvelee muita laitteita. Vuorovaikutus on asiakaslähtöistä: palvelin vain kuuntelee pyyntöjä ja vastaa niihin. Monikosketusnäytön tietokoneessa on kaikkiaan kolme eri palvelinta, joista yksi vastaa laitteiden välisten yhteyksien hallinnasta. Toista käytetään laitteiden välisessä viestinnässä, joka liittyy esimerkiksi tiedostojen siirtoon. Kolmas on FTP-palvelin, joka ottaa vastaan mobiililaitteelta siirrettävät tiedostot. Siihen käytetään erillistä ohjelmistoa, koska täydellisen FTP-palvelimen ohjelmointi ilman valmiita luokkia ja kirjastoja olisi liian suuri kokonaisuus tähän työhön. Sovelluksen testaamisessa käytettiin FileZilla FTP Server -palvelinohjelmistoa.

Laitteiden välisessä vuorovaikutuksessa on hyödynnetty säikeitä. Sekä mobiililaitteen että monikosketusnäytön tietokoneella tärkein viestintä (kuten tiedostojensiirto) tapahtuu ikään kuin erillään muusta ohjelmasta. Näin käyttöliittymä ottaa edelleen vastaan syötteitä ja antaa palautetta suhteellisen sujuvasti, vaikka verkkoyhteydet toimisivat hitaasti. Jatkokehityksen kannalta säikeiden käyttö on hyvä asia: jokaiseen yhteyteen liittyvät toiminnot suoritetaan omassa säikeessään, mikä helpottaa yhtäaikaista kommunikointia useiden laitteiden kanssa. Ohjelmoinnissa hyödynnetään Qt:n QThread-säieluokkaa sekä verkkotoiminnot sisältävää QtNetwork-moduulia ja sen QTcpServer-, QTcpSocket- ja QFtp-luokkia – viimeistä tosin vain mobiiliohjelmistossa, koska järjestelmässä käytetään erillistä FTP-palvelinta ja koska luokassa on vain asiakaspuolen toteutus tiedostonsiirtoprotokollasta.

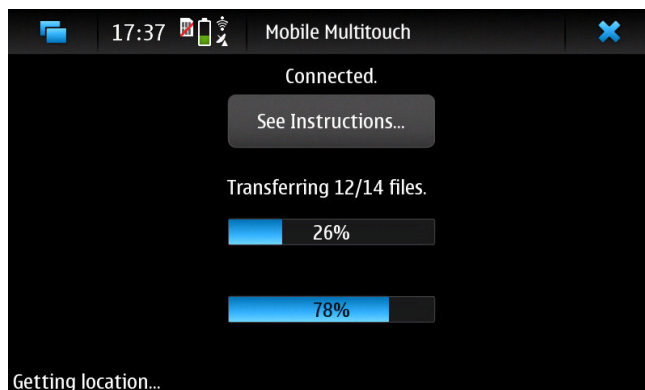
Verkkotekniikkana on IEEE 802.11 -standardien mukainen WLAN. Aluksi harkittiin Bluetoothia, mutta sen siirtonopeuden ajateltiin olevan liian pieni tiedostojen jakamiseen, eikä Qt:ssä ollut tuolloin rajapintoja sen käyttöön. Wi-Fi-teknologian etuja ovat suuri tiedonsiirtonopeus, kantomatka ja monipuolisuus, ongelmia taas ovat virrankulutus ja tietoturva (Arokoski ym. 2002, 83–84). Jälkimmäiseen puutteeseen on ajan mittaan keksitty ratkaisuksi salaamenetelmiä, mutta vaikka niitä ei käytettäisi, IEEE 802.11 -verkko on riittävän turvallinen tässä työssä, sillä laitteiden välillä ei siirretä salaista tai luottamuksellista tietoa.

Kun laitteiden välillä on verkkoyhteys, mobiiliohjelman käyttöliittymässä on nappi, jota painamalla saa esiin tietoikkunan. Siinä kerrotaan lyhyesti kiihtyvyysanturieleet, joilla mo-

nikosketusnäytölle lähetetään viestejä. (KUVIO 5.) Käyttäjä voi siirtää nauhoittamansa median ja metadatan monikosketusnäytön tietokoneelle ravistamalla puhelinta, jolloin sen näkymä muuttuu kuvion 6 kaltaiseksi. Ravistusele on tuttu monesta mobiilisovelluksesta. Sillä esimerkiksi poistetaan tiedostoja tai tyhjennetään tehtävälistoja. TUIOpad-ohjelmassa elettä käytetään aloitusnäkymään palaamiseen (Akten & Kaltenbrunner 2011). Kiihtyvyysanturien toiminnasta kerrotaan lisää luvussa 5.8. Ennen tiedostojen siirtämistä mobiili-laite pyytää mediatiedostolistauksen monikosketusnäytöltä ja vertaa sitä oman mediakansionsa sisältöön. Monikosketusnäytön tietokoneelle lähetetään vain tiedostot, joiden nimeä ei ole siltä saadussa luettelossa. Tämä nopeuttaa ja vakauttaa järjestelmän käyttöä, sillä tällöin verkon kuormitus vähenee, mikäli mobiililaitteeseen on tallennettu paljon tiedostoja. Jos käytetään toimintoa, jossa valokuvat muunnetaan videoleikkeiksi (luku 5.5), tämä toimenpide tehdään kaikille kuville heti niiden saavuttua monikosketusnäytön tietokoneelle.



KUVIO 5. Vuorovaikutusohjeet

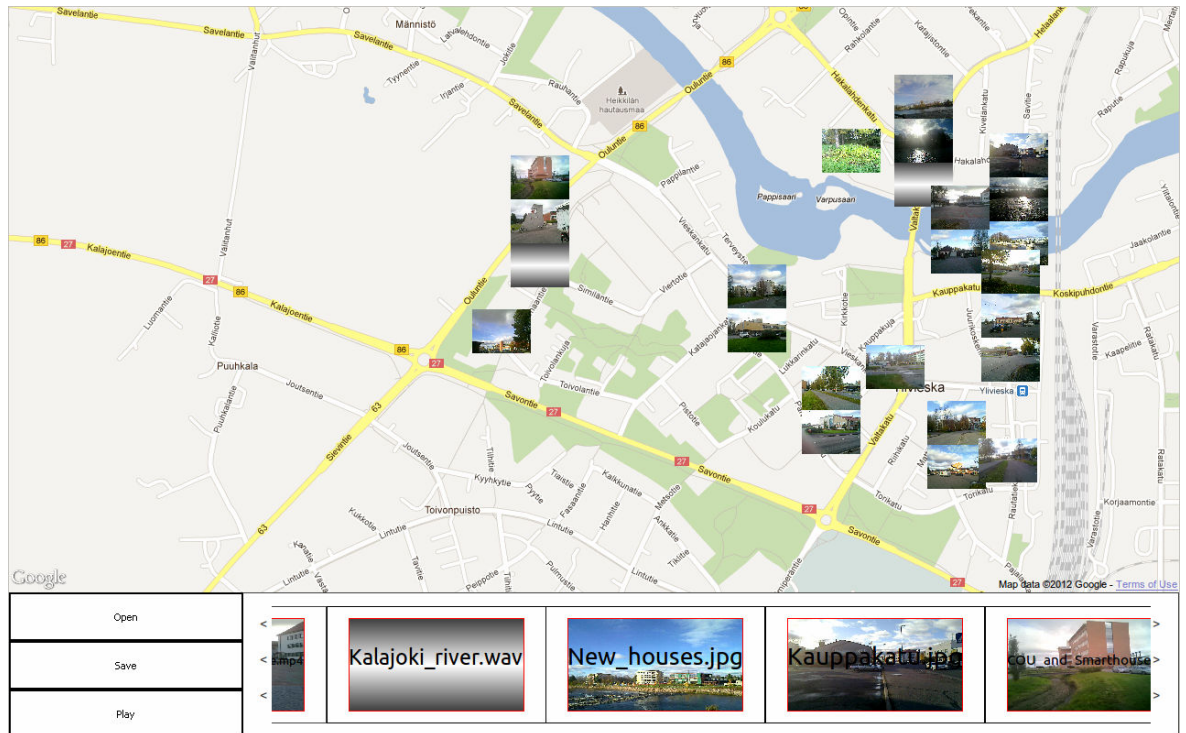


KUVIO 6. Tiedostonsiirtonäkymä

Monikosketusnäytön ohjelma voidaan asetustiedoston kautta määrittää tekemään kullekin mediatiedostolle esikatselukuva. Se luodaan siinä vaiheessa, kun tiedosto siirretään mobiililaitteelta monikosketusnäytön tietokoneelle tai tässä työssä tehty kyseisen näytön ohjelma käynnistetään. Kuvien muodostamisessa käytetään Qt Mobilityn MultimediaKit-kirjastoja, jotka on tehty median käsittelyyn. Tiedostot käydään läpi yksitellen ja jos mahdollinen video onnistutaan toistamaan, se piirretään QAbstractVideoSurface-luokan perivälle (käytäjälle näkymättömälle) videopinnalle, jonka sisältö tallennetaan kuvatiedostona. Jos tässä ei onnistuttu, tarkistetaan QImage::format()-funktioilla, onko tiedosto kuva. Mikäli kyseinen metodi palauttaa kelvollisen tyyppin, kuvasta tehdään esikatselussa käytettävä kopio. Lopuksi tehdään esikatselukuvat niille tiedostoille, joilla sellaista ei vielä ole. Nämä kuvat sisältävät pelkästään liukuvärin. Ihannetapauksessa tällainen luodaan vain äänitiedostoille, koska niiltä puuttuu visuaalinen sisältö. Jos ohjelma on määriteltä näyttämään kartalla metatatekstin paikalla esikatselukuva, se kopioidaan ja skaalataan tässä prosessissa juuri luodusta kuvatiedostosta.

5.3 Karttapohja ja mediatiedostot

Monikosketusnäytön ohjelmistossa on useita näkymiä: yhdessä ladataan, toisessa tallennetaan ja kolmannessa toistetaan esityksiä. Neljännessä ja tärkeimmässä näkymässä on karttapohja, jolla mobiililaitteella tallennetut mediatiedostot näytetään niihin liitetyn paikkatiedon mukaisesti (KUVIO 7). Mediatiedostot lisätään määritellystä sijainnista aina monikosketusnäytön sovellusta käynnistettäessä sekä siirrettäessä niitä mobiililaitteelta.



KUVIO 7. Monikosketussovelluksen käyttöliittymä

Karttapohja perustuu Google Mapsiin ja hyödyntää sen JavaScript-ohjelmointirajapintaa. Pohja esitetään käyttöliittymään sisältyvällä web-selaimella, joka perustuu Qt:n omaan web-näkymäluokkaan (QWebView). Selain näyttää ohjelmaa varten tehdyn HTML-dokumentin, joka lataa kartan ja sisältää sen käsittelyssä tarvittavat funktiot. Suurin osa tämän tiedoston sisällöstä on kirjoitettu JavaScriptillä, esimerkiksi kartan liikuttaminen, zoomaus ja päivitys sekä mediatiedostojen lisäys ja sijoittelu.

Google Maps valittiin kartan perustaksi, koska se on tunnettu, yleinen ja helppokäyttöinen. Sen aineisto on myös kattava. Google Maps -dokumentaation mukaan kartat koostuvat laatoista (tiles), joilla paikkainformaatio esitetään sekä niiden päällä olevista objekteista (overlays), joita ovat esimerkiksi ikonit (icons) ja merkit (markers) (Google 2011). Google Maps -kartat ovat pääosin rasterimuotoisia. Niitä ei siis tarvitse piirtää yhtä usein kuin vektorikarttoja, mikä voi nopeuttaa ohjelman toimintaa. Toisaalta ne voivat myös hidastaa, sillä vektorimuotoinen data on rasteroitua paljon tiiviimpää. Toisaalta rasterikarttojen ylläpito on helpompaa kuin vektorikarttojen.

Kun mediatiedostot on siirretty mobiililaitteelta monikosketusnäytön tietokoneelle, ne sijoitetaan karttapohjalle metadatan mukaan. Tämä tehdään lukemalla tiedostojen mukana tallennettujen tekstitiedostojen sisältö ja erottamalla siitä paikkatieto. Esimerkiksi Savisilta.mp4-nimisen tiedoston metadata on tallennettu nauhoituksen alussa Savisilta.mp4.txt-tiedostoon. GPS käyttää WGS-84-standardin mukaista koordinaatistoa. Googlen mukaan se on käytössä myös Google Mapsissa (Google 2011). Paikkatiedon esitystavoissa on kuitenkin eroja, joten muunnoslaskuja ja -algoritmeja tarvitaan. Nämä esitetään kuviossa 8. Sen sijaan kartta- ja näyttökoordinaatistojen välisiin muunnoksiin Google Mapsissa on valmiit metodit (Google 2011). Mobile Multitouch käyttää niitä muun muassa mediatiedostojen sijoittelussa ja valinnassa.

```

Luetaan metadata tekstitiedostosta merkkijonona.
Luetaan leveysaste metadatasta merkkijonona.
Luetaan asteet, minuutit ja sekunnit pituusasteesta merkkijonoina.
Muunnetaan asteet, minuutit ja sekunnit (merkkijonot) desimaaliluvuiksi.
Käytetään saatuja lukuja, kun lasketaan leveysaste:
leveysaste = asteet + (minuutit + sekunnit/60) / 60.
Tehdään sama pituusasteelle.
jos alkuperäisen leveysastemerkkijonon lopussa on "S"
    leveysaste = -leveysaste
Muunnetaan leveysaste 8 numeroa sisältäväksi merkkijonoksi. (Havaittiin desimaalilukua tarkemmaksi.)
jos alkuperäisen pituusastemerkkijonon lopussa on "W"
    pituusaste = -pituusaste
Muunnetaan pituusaste 8 numeroa sisältäväksi merkkijonoksi. (Havaittiin desimaalilukua tarkemmaksi.)
Sijoitetaan mediatiedosto kartalle.

```

KUVIO 8. Paikkatietomuunnokset

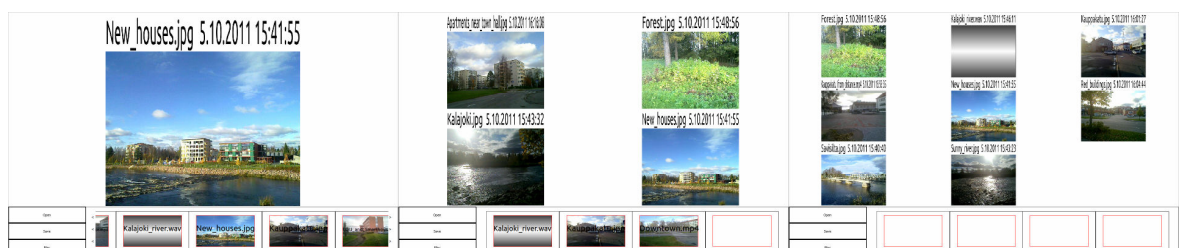
Mediatiedostot esitetään karttapohjalla niistä muodostettuina esikatselukuvina, jotka pyritään näyttämään siinä kohdassa, missä ne on tallennettu. Kun karttaa zoomataan, kuvat pyritään järjestelemään uudelleen siten, etteivät ne peitä toisiaan. Työn tilaajan kanssa päätettiin, että mediatiedostot kannattaa järjestellä allekkain, mikäli ne ovat liian lähellä toisiaan. Tämä on tehtävä esimerkiksi silloin, jos useiden tiedostojen maantieteelliset sijainnit näyttävät olevan hyvin lähellä toisiaan.

Esikatselukuville vaihtoehtoisessa tavassa jokainen mediatiedosto esitetään karttapohjalla kahtena eri merkinä, joista toinen osoittaa sen varsinaisen maantieteellisen sijainnin ja toinen näyttää tiedostonimen sekä ajankohdan, jona tiedosto tallennettiin mobiililaitteelle.

Tämä merkki koostuu bittikarttakuvasta, joka esittää näytettävän tekstin. Ratkaisuun päädyttiin, koska Google Maps ei tue tekstipohjaisia karttamerkkejä. Kuva on noin kaksi kertaa niin leveä kuin siinä oleva teksti, jotta se näyttäisi olevan siihen liittyvän tiedoston vieressä ja sen voisi sijoittaa helposti sopivaan paikkaan. Teksti kirjoitetaan kuvan oikeaan puoliskoon, se näkyy siis tiedoston oikealla puolella. Mediatiedostojen metadatan näyttävät merkit pyritään järjestelemään siten, etteivät ne peitä toisiaan samoin kuin mediatiedostomerkit järjestellään esikatselukuvat näyttävässä esitystavassa aina karttaa zoomattaessa. Se, näytetäänkö mediatiedostot esikatselukuvina vai merkinä ja tekstinä, määritellään monikosketussovelluksen asetustiedostossa.

Monikosketusnäytön tietokoneelle tehdyn ohjelman voi konfigurointitiedoston kautta määrittää toimimaan myös siten, ettei se näytä metadataa lähimmillä ja kauimmaisilla zoomaustasoilla. Sen sijaan mediatiedostojen kohdalla näytetään sijainnin osoittava merkki ja teksti tai esikatselukuva piilotetaan.

Käyttöliittymässä ei ole perinteisiä liikutus- ja zoomausnäppäimiä, vaan karttaa käsitellään monikosketuselein. Näistä kerrotaan luvussa 5.7. Perinteisen karttapohjan manipuloinnin lisäksi on mahdollista katsoa lisätietoa siinä näytettävistä mediatiedostoista. Nämä valitaan kartalta tarkoitukseen tehdyllä monikosketuseleellä, jolloin avautuu niiden metadatan esittävä infonäkymä. Kuviossa 9 tämä on kolme kertaa: vasemmalla mediatiedostoja on valittu yksi, keskellä neljä ja oikealla kahdeksan. Kuvioista näkyy, että informaatiota skaalataan valitun median määrän mukaan. Jos tiedostot ovat kartalla esikatselukuvina, myös nämä esitetään infonäkymässä niiden metadatan alapuolella kuten kuviossa 9. Muuten näytetään vain teksti. Näkymästä poistutaan koskettamalla sitä, jolloin karttapohja esitetään taas käyttöliittymässä. Aikajanan sisällöllä ei ole merkitystä infonäkymässä.



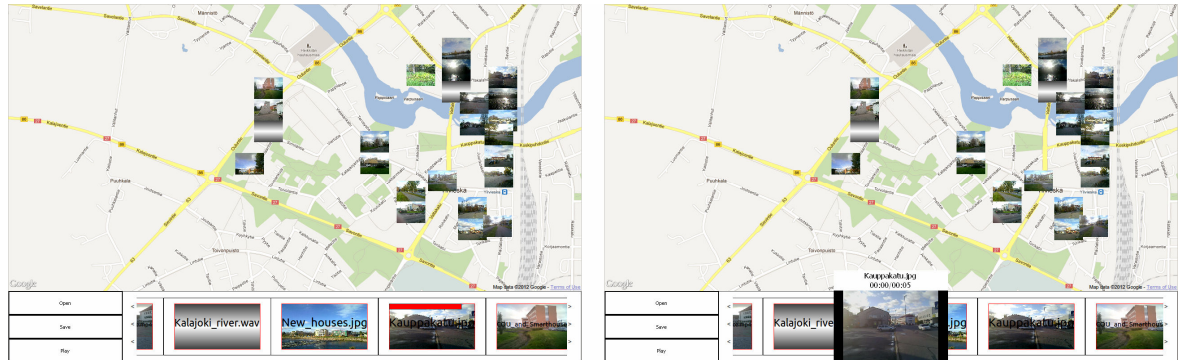
KUVIO 9. Metadatanäkymä

5.4 Aikajana ja mediatiedostot

Monikosketusnäytön käyttöliittymän alaosassa on aikajana. Sille voidaan koostaa lineaarisia esityksiä mobiililaitteella tallennetuista mediatiedostoista, jotka on siirretty monikosketusnäytön tietokoneelle. Tarinoiden kokoaminen on osa sovelluksen ideaa. Tämä tehdään vetämällä ja pudottamalla karttapohjalta valittu mediatiedoston esikatselukuva tai metadata aikajanalle. Käyttäjä siis ei kosketa itse tiedostoa kuvaavaa karttamerkkiä vaan ohjelman asetuksista riippuen joko sen metadataa tai kuvaa. Taustalla on ajatus, että tekstin tai kuvan pinta-ala on itse tiedostomerkkiä suurempi, jolloin siihen on tätä helpompi tarttua. Lisäksi kuvat ja tekstit pyritään näyttämään siten, etteivät ne ole päällekkäin. Tämäkin helpottaa niiden kanssa tapahtuvaa vuorovaikutusta. Tiedostoa kosketettaessa sen metadatatextistä tai esikatselukuvasta tehdään itse asiassa liikuteltava kopio, ja alkuperäinen informaatio jää karttapohjalle. Samaa tiedostoa voi siis käyttää esityksessä useita kertoja. Aikajanan pituudelle ei ole asetettu rajoituksia.

Kun tiedosto on aikajanalla, sen kohdalla näytetään esikatselukuva, mikäli kyseinen ominaisuus on käytössä. Muussa tapauksessa tiedoston kohdalla esitetään vain sen nimi. Aikajanalla olevien tiedostojen paikkaa voidaan vaihtaa yksinkertaisesti vetämällä ja pudottamalla ne tyhjään kohtaan. Lisäksi mediatiedosto voidaan poistaa kokonaan aikajanalta pudottamalla se janan ulkopuolelle. Koko aikajana voidaan tyhjentää käyttämällä tarkoitukseen tehtyä monikosketuselettä (luku 5.7). Sitä voidaan myös liikuttaa vetämällä sormella tai heilauttamalla puhelinta (kiihtyvyysantureista lisää luvussa 5.8). Tämä on mahdollista silloin, kun aikajana on niin pitkä, ettei se mahdu kokonaisuena näytölle. Yksittäisiä tiedostoja voidaan toistaa pyyhkäisemällä nopeasti yhdellä sormella aikajanalla olevan tiedoston alaosaa ja odottamalla, kunnes toiston käynnistymistä kuvaava edistymispalkki on täynnä. Sen jälkeen esitys alkaa asetuksista riippuen joko erillisessä tai ohjelman omassa, yksittäisten tiedostojen toistoon tarkoitettussa mediasoittimessa. Jälkimmäisessä aikajanan keskellä näkyy esityksen ajan mediatiedoston kuvaruudun päälle ja sen yläpuolella tiedostonimen, toistoajan ja kokonaiskeston kertova teksti (KUVIO 10). Sovelluksen omassa mediasoittimessa toisto voidaan pysäyttää vetämällä sormi aikajanalta kuvaruudun päälle, mikä myös sulkee soittimen. Mediatiedostojen lisääminen, siirtäminen ja poistaminen toimivat vain karttanäky-

mässä kuten yksittäisen kuvan, ääni- tai videoleikkeen toistokin. Kokonaisen mediaesityksen katsomisesta kerrotaan luvussa 5.5.



KUVIO 10. Yksittäisen tiedoston käynnistyminen ja toisto

Sekä kartta- että esityksentoistonäkymän aikajanalla on mahdollisten mediatiedostojen lisäksi kolme painonappia, joista kaksi näkymästä riippuen liittyy esityksien avaamiseen ja tallentamiseen tai niiden toistoon. Viimeisellä napilla siirrytään näkymästä toiseen tai käynnistetään erillinen mediasoitin, jos sellaista käytetään. Painonapeissa kerrotaan tekstillä, mitä niillä tehdään. Kuitenkin jotkut suunnittelu- ja käytettävyyssiantuntijat suosittelivat kuvakkeiden käyttöä (Sinkkonen ym. 2006; Jones & Marsden 2006). Siksi ohjelmassa on valinnaisena ominaisuutena myös kuvakkeiden näyttäminen kartta- ja toistonäkymien painonapeissa tekstin lisäksi.

5.5 Mediaesityksen katsominen

Mediaesityksen toistoon liittyvien ominaisuuksien tekeminen oli sovelluksen ohjelmoinnin haastavin osa monestakin syystä. Johtuen Qt:n tavasta käsitellä mediatiedostoja niiden toisto riippuu hyvin pitkälti muista ohjelmistoista. Erityisesti sillä on merkitystä, että oikeat kodekit (eli kuva- ja äänisignaalin purkavat ohjelmistot) ja kirjastot on asennettu. Testikoonpanossa sovellus käytti Ffdshow-ohjelmaa sekä Nokia Suiten kirjastoja. Median toistossa on aina pientä viivettä, mikä vaikuttaa ohjelmistosuunnitteluun, vaikkei Qt:tä käytettäisi. Lisäksi oli huomioitava, että esityksissä saattaa olla monenlaisia tiedostotyyppisiä sekaisin. Yksi esitys voi koostua useasta kuvasta sekä ääni- ja videoleikkeestä, eivätkä

esimerkiksi kaikki kuvat ehkä ole peräkkäin, vaan niiden välissä voi olla vaikka videotiedosto. Useimmilla mediasoittimilla valokuvat eivät näy riittävän kauaa, mutta ne voidaan muuntaa videoiksi erillisellä sovelluksella. Testeissä käytettiin alustariippumatonta ja useita tiedostotyyppejä tukevaa FFmpeg-ohjelmistoa.

Sovelluksen oma mediasoitin käyttää Qt Mobilityn MultimediaKit-rajapintaa, joka on tarkoitettu mediatiedostojen käsittelyyn. Qt:ssä on toinenkin työkalu vastaavaan tarkoitukseen, Phonon, mutta sen käyttöä ei enää suositella, sillä Qt:n kehittäjät ovat suunnitelleet sen korvaamista MultimediaKitillä.

Kokonainen mediaesitys voidaan toistaa painamalla aikajanalla olevaa Play-nappia ja jos käytetään sovelluksen omaa soitinta, painetaan avautuvassa näkymässä Start Playback. Sen sijaan erillistä mediasoitinta käytettäessä kyseinen ohjelma avautuu suoraan karttanäkymän napista. Ulkoinen ohjelma voi olla mikä tahansa soitin, jolle voidaan antaa toistettavat tiedostot käynnistysparametreina. Käytettävä sovellus määrittellään asetustiedostossa.

Mikäli käytetään sovelluksen omaa mediasoitinta, aikajanalla Play-napista avautuu kuvion 11 kaltainen näkymä. Siinä on karttapohjan paikalla tyhjä tila, jossa näytetään median toiston aikana mahdollisesti siihen liittyvä valo- tai videokuva – tai jos mediassa ei ole sellaista, esitetään liikkuva kuvio hieman samaan tapaan kuin joissakin mediasoitinohjelmissa, joissa on vastaavanlainen visualisointi ääni- tai musiikkitiedostoja toistettaessa. Käyttöliittymän alaosassa on soittolista, joka on muodostettu karttanäkymän aikajanasta jättämällä siitä tyhjät kohdat pois. Sen vieressä on näppäin toiston aloittamiseen, keskeyttämiseen ja jatkamiseen. Tämän alapuolella taas on pysäytys- ja paluunapit. Jos soittolista ei mahdu kokonaan näkymään, sitä voidaan vierittää sormella liikuttamalla kuten karttanäkymän aikajanaakin. Sen sijaan mediatiedostojen valinta, siirto tai poisto ei onnistu. Näitä toimintoja ei tehty, jotta sovellus toimisi mahdollisimman hyvin ja esitysten toisto olisi sujuvaa. Jos soitin toistaa mediaa, kyseinen tiedosto näytetään korostettuna soittolistassa. Videon tai kuvan esittävän käyttöliittymän osan päällä on näkymätön komponentti, joka vastaanottaa kosketuseleitä. Sitä pyyhkäisemällä voidaan palata karttanäkymään (tämä ele kuvataan monikosketusta käsittelevässä luvussa 5.7). Kosketuselettä varten tehtiin erillinen käyttöliittymäelementti, koska muuten kuvadatanpiirtäjäkomponentti ottaisi kosketukset vastaan, ja näkymästä poistuminen monikosketuselein onnistuisi vain, kun mediaa ei toisteta.

Kuviossa 11 mediantoistonäkymä esitetään neljä kertaa. Vasemmassa yläkulmassa se on heti avaamisen jälkeen. Oikeassa yläneljänneksessä ladataan tiedostoa. Vasemmassa alakulmassa toistetaan ääntä, ja kuvion viimeisessä osassa on keskeytetty videon toisto.



KUVIO 11. Mobile Multitouch -ohjelman mediantoistonäkymä

Mediasoittimeen liittyy useita osia. Tiedostojen toistamisesta vastaavan luokan lisäksi sitä varten on tehty käyttöliittymäkomponentti, jossa on kaksi videoulostuloon tarkoitettua QVideoWidget-luokan perivää elementtiä: yksi valokuvia ja toinen muuta mediaa varten. QtMultimediaKit on ohjelmoitu siten, että kuvien katseluun ja äänen tai videon toistoon on tehty omat luokkansa. Lisäksi yhtä videoulostuloa voidaan käyttää vain yhden objektin kanssa. Siksi käyttöliittymäkomponentti sisältää kaksi videoelementtiä. Mediasoitinluokassa on QImageViewer valokuvien ja QMediaPlayer muun median toistoa varten. Molemmille tyypeille on myös omat QMediaPlaylist-luokan mukaiset soittolistansa.

Videon näyttävässä luokassa on median kuvadatan näyttävän käyttöliittymäkomponentin lisäksi elementti, joka näytetään mediatiedostoa ladattaessa ja silloin, kun tiedostoon ei liity kuvadataa. Latauksen yhteydessä tämä elementti näyttää tekstin, joka kehottaa käyttä-

jää odottamaan. Jos mediassa ei ole visuaalista dataa, elementti toimii äänen visualisoijana. Kuitenkin äänen mukaan muuttuvan kuvion ohjelmointi olisi ollut liian työlästä, joten tässä käytetään satunnaisesti vaihtelevaa kohinaa. Kuvion animaatio silti pysäytetään, jos käyttäjä painaa taukonäppäintä, ja sitä jatketaan, kun nappia painetaan uudelleen tai toistetaan jokin muu kuvadataa sisältämätön mediatiedosto. Visualisointi lisättiin, jotta käyttäjä saisi jonkinlaista näkyvää palautetta myös äänitiedostojen toistosta.

Kun tiedoston toisto alkaa, mediasoitin tarkistaa `QImage::format()`-funktion avulla, onko kyseinen tiedosto kuva. Jos funktio palauttaa virheellisen kuvaformaatin, tiedosto oletetaan ääni- tai videoleikkeeksi. Kuvat toistetaan `QImageViewer`in kautta, jolloin kuvaulostuloelementti näytetään sekä muun median toistoon liittyvä videoulostulo piilotetaan. Ääni- ja videotiedostot toistetaan `QMediaPlayer`in avulla, jolloin ulostulokomponenttien kanssa menetellään päinvastoin kuin kuvia näytettäessä. Mediasoitimen tilan (`State`) tai tilanteen (`MediaStatus`) muuttuessa lähetetään viesti muulle järjestelmälle. Esimerkkinä tilanmuutoksesta on toiston pysähtyminen ja tilanteesta median lataaminen tai loppuminen. Mediasoitinnäkymäluokassa näihin liittyvät viestit yhdistetään Qt:n `connect()`-funktioilla soittolistaelementtiin, jonka nappien ominaisuudet määritetään soittimen tilan mukaan. Esimerkiksi kun käyttäjä on keskeyttänyt toiston, `Pause`-näppäimen tekstiksi muutetaan ”Play”. Median toisto pysäytetään täysin, jos käyttäjä poistuu näkymästä tai painaa pysäytysnappia.

Järjestelmä tukee valokuvien muuntamista videoleikkeiksi. Ominaisuus lisättiin, jotta mediatiedostot olisivat keskenään yhdenmukaisia. Kuvien toisto varsinkin ohjelman omalla mediasoitimella havaittiin ongelmalliseksi joissakin laitekokoonpanoissa erityisesti, jos esityksessä oli myös muita tiedostotyyppejä. Muunnos kuvista videoiksi tehdään erillisellä ohjelmalla. Järjestelmän tulee tietää kyseisen sovelluksen nimi sekä kohdetiedoston pääte, jotta se osaa käyttää ohjelmaa ja esittää kuvista tehdyt videot. Tässä työssä ei toteutettu varsinaista muunninta, vaan käytettiin valmiita sovelluksia, joita varten tehtiin skriptitiedosto. Ohjelma siis käynnistää prosessin yhteydessä skriptin, jolle se antaa parametreina muunnettavan median nimen sekä kohdetiedostotyyppin ja joka puolestaan kutsuu muunnosohjelmaa. Tämän ohjelman on toimittava komentoriviltä ja otettava parametreina lähde- ja kohdetiedostonimet. Kun muunnostoiminto on käytössä ja esitys tai yksittäinen tiedosto toistetaan, kuvien paikalla esitetään vastaavat videoleikkeet – käytettiinpä sitten järjestelmän omaa tai erillistä mediasoitinta. Kuitenkin tiedostojen metadataa katsottaessa näyte-

tään alkuperäisen tiedoston nimi ja myös siitä muodostettu kuva, jos esikatselutoiminto on käytössä. Muunnetut videot ovat väliaikaisia, ja ne poistetaan ohjelmaa suljettaessa.

5.6 Mediaesityksen tallentaminen ja lataaminen

Karttanäkymässä on mediaesityksen toiston käynnistävän painonapin lisäksi näppäimet tarinoiden tallentamiseen ja avaamiseen. Järjestelmä tukee useita esityksiä, mutta se kykenee näyttämään vain yhden kerrallaan.

Sekä esityksien lataamiseen että niiden tallentamiseen tehtiin erilliset näkymät, joihin siirytään karttanäkymän painonapeista. Kuviossa 12 on avausvalikko vasemmalla. Tallennusnäkymä on ulkoasultaan siihen verrattuna hyvin samanlainen – vain otsikossa on eroja. Esitystiedostojen käsittelyssä olisi voinut hyödyntää myös käyttöjärjestelmän omia avaus- ja tallennusikkunoita, mutta näiden toimivuudesta kosketusnäytöllä ei ollut varmuutta. Lisäksi oman valikon tekemisessä on se etu, että tällöin voidaan helposti rajata käyttäjän pääsy vain tiettyyn sijaintiin, jolloin kaikki esitystiedostot ovat saatavilla yhdestä paikasta.



KUVIO 12. Esityksien avaaminen ja tallentaminen

Käyttöliittymän yläosassa, otsikon alapuolella esitystiedostot on listattu allekkain. Jos kaikki esitykset eivät sovi näkymään, sitä voi vierittää listan reunoille ilmestyvistä vierityspalkeista tai pyyhkäisemällä sormella listaikkunan sisäpuolella. Tiedoston voi valita joko koskettamalla sen nimeä tai kirjoittamalla se virtuaalinäppäimistöllä, joka on tiedostolistan alapuolella. Näppäimistö on kehitetty juuri tätä ohjelmaa varten ja sillä voi syöttää

vain kirjaimia ja numeroita, sillä kaikki tiedostojärjestelmät eivät tue väli- tai erikoismerkkejä tiedostonimissä. Tiedostopäätettä ei tarvitse kirjoittaa.

Esityksen voi ladata, jos käyttäjä on syöttänyt sellaisen tiedoston nimen, joka on olemassa siinä kansiossa, mistä ohjelma hakee esitykset. Tallennuksessa voi käyttää mitä tahansa tiedostojärjestelmän hyväksymää nimeä, ja jos tällainen esitys on olemassa, ohjelma kysyy hyväksyttäessä, korvataanko tiedosto nykyisellä esityksellä. Kysymysnäkyvä on kuviossa 12 oikealla. Esitykset ladataan ja tallennetaan antamalla tiedostonimi ja painamalla OK-nappia. Tallennettaessa mahdollinen tiedoston korvaus kysytään tässä vaiheessa. Jos siihen vastataan kieltävästi, näkymästä ei poistuta, vaan käyttäjä voi muuttaa tiedostonimeä. Cancel-napista palataan karttanäkymään lataamatta tai tallentamatta esitystä. Viimeisin tiedostonimi jää kuitenkin muistiin ja on käytettävissä, jos näkymään tullaan takaisin.

5.7 Monikosketuseleet käyttöliittymän osana

Järjestelmään kuuluvassa monikosketusnäytölle tehdyssä sovelluksessa kosketuseleillä on tärkeä osa. Mobiililaitteella monikosketusta ei hyödynnetä, koska sitä ei nähty tarpeelliseksi eikä työssä käytettävä laite tue kuin yhtä kosketusta kerrallaan.

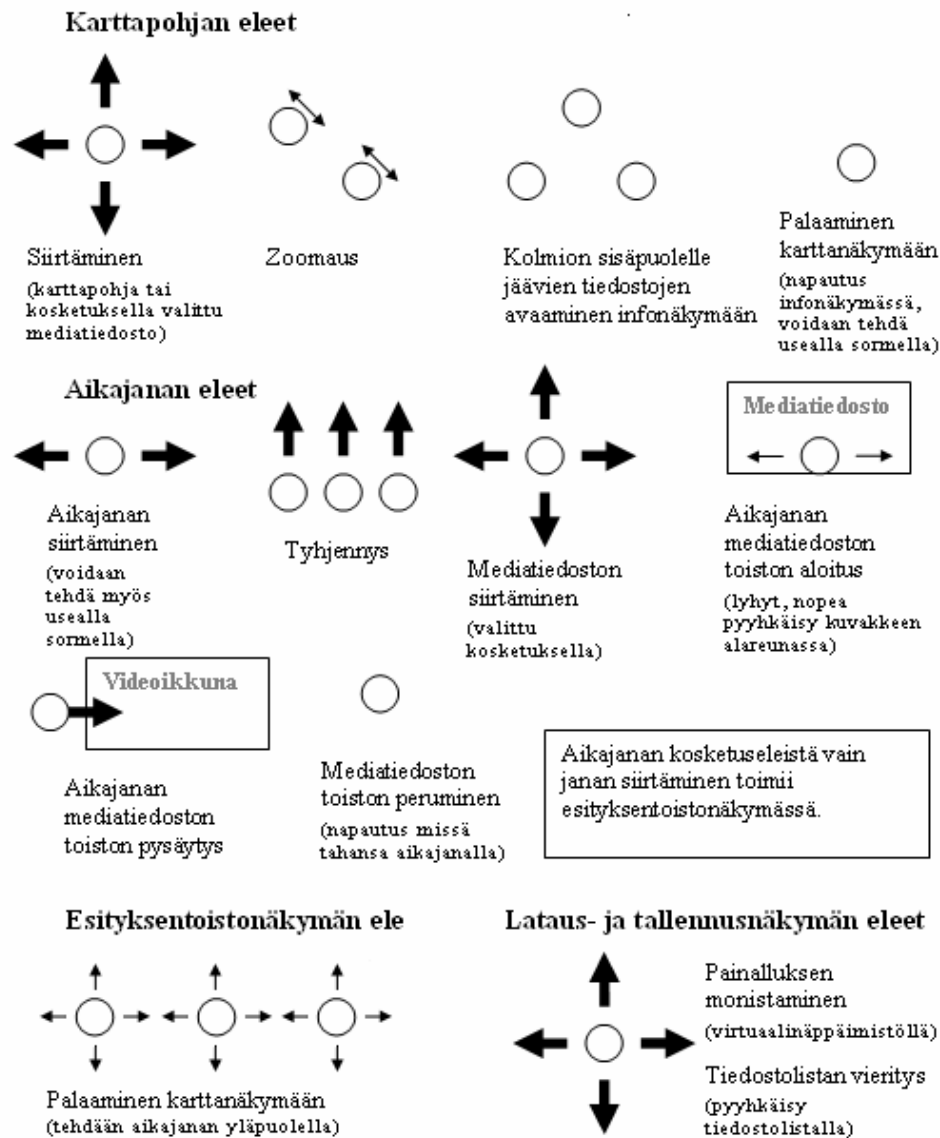
Ennen ohjelmoinnin aloittamista pohdittiin, käytettäisiinkö CENTRIAn TUIO-protokollaa hyödyntävää kirjastoa (Jauhiainen 2010) vai Qt:n omia järjestelmiä monikosketustuen toteuttamiseen. Jälkimmäinen vaihtoehto valittiin, koska se on näistä kahdesta riippumattomampi laitteistosta ja taustajärjestelmästä. Qt-kirjastoilla monimutkaistenkin eleiden tekeminen on periaatteessa helppoa. CENTRIAn kirjaston käytöstä taas oli kokemusta. Siinä kosketusdataa päästään lukemaan helposti ja esimerkiksi eri käyttöliittymäelementtien kaikki kosketuspisteet ovat saatavilla (Jauhiainen 2010). Yleisesti TUIO-protokollaa hyödyntäviä sovelluksia voidaan testata helposti. TUIO:n käyttö olisi ollut sikäli mielenkiintoista, että esimerkiksi mobiililaitteelta olisi voinut lähettää kosketustapahtumia monikosketusnäytölle. Kuitenkin CENTRIAn tutkijat suosittelivat Qt:n omien kirjastojen käyttöä erityisesti niiden laitteisto- ja ohjelmistoriippumattomuuden vuoksi, joten siihen päädyttiin.

Monikosketusnäytön ohjelman käyttöliittymässä päällimmäisenä on näkymätön komponentti, joka ottaa kosketustapahtumat vastaan ja välittää ne eteenpäin alla oleville elemen-

teille, jos nämä ovat kosketuspisteiden kohdalla, näkyvissä ja käytettävissä. Komponentti vastaa myös niiden mediatiedostojen piirtämisestä, joita liikutetaan sormella sekä muistaa kosketuspisteiden lukumäärän ja suodattaa joitakin kosketustapahtumia.

Lisäksi kosketukset oli huomioitava myös muussa käyttöliittymäohjelmoinnissa. Joidenkin komponenttien pohjana käytettiin Qt:n vastaavia luokkia, esimerkiksi painonappi periytyy sen omasta QPushButton-luokasta; jotkut komponentit sen sijaan periytyvät suoraan QWidget- tai muutamassa tapauksessa QObject-luokasta ja ovat hyvin pitkälti itse tehtyjä. Lähes kaikkiin käyttöliittymäelementteihin lisättiin vähintään kosketustapahtumien välittäminen eteenpäin sekä monikosketuseleiden tunnistaminen komponentteihin, joissa sitä tarvitaan. Lisäksi kosketukseen reagointiin liittyvät toimet oli ohjelmoitava kokonaan itse, esimerkiksi napin painamisesta seuraavan pressed-signaalin lähetys. Kosketusten käsittely on jaettu kolmeen tapahtumaan: TouchBegin, TouchUpdate ja TouchEnd. TouchBegin tapahtuu silloin, kun sormi asetetaan elementin päälle, TouchUpdate sormea liikutettaessa ja TouchEnd, kun sormi poistetaan elementiltä. Suurin osa eleistä on TouchUpdate-tapahtumassa, sillä niihin liittyy usein sormien liikkumista.

Kosketuseleet esitetään kuviossa 13. Suurin osa niistä tehdään yhdellä sormella, mutta kaksois- ja monikosketusta hyödynnetään useissa osissa sovellusta. Yhdellä sormella tehtävistä eleistä aikajanan siirtäminen on ainoa, jossa voidaan käyttää useitakin sormia. Jännällä liikkumisen nopeus riippuu käytettävien sormien nopeudesta ja määrästä. Kuviossa 13 ei ole kaikkia perinteisistä graafisista käyttöliittymistä tuttuja kosketustapahtumia, joita ovat yhden sormen napautukset sekä vetäminen ja pudottaminen. Testeissä havaittiin, että optisen näytön tekniikasta johtuen kosketuspisteiden paikka vaihteli, vaikka sormi oli paikallaan. Tästä oli pientä haittaa karttapohjan käytössä. Siksi ohjelmaan lisättiin säädettävä kynnyсарvo, jota pienempiä kosketuspisteen sijainnin vaihteluita ei huomioida kartan siirto- eikä zoomauseleissä. Toimenpide poisti ongelman. Toinen haaste liittyi kosketuspisteiden hallintaan, jolloin ohjelma muuttui epävakaa joidenkin eleiden suorittamisen jälkeen. Ongelma ratkaistiin asettamalla kosketuspisteiden määrän sisältävän muuttujan arvoksi nolla, kun monikosketusnäyttöä ei käsitellä vähään aikaan. Ratkaisu toimi, eikä testeissä tätä virhettä enää sen jälkeen havaittu.



KUVIO 13. Kosketuseleet

5.8 Kiihtyvyysanturit käyttöliittymän osana

Sovelluksessa käytetään mobiililaitteen kiihtyvyysantureita. Niillä voidaan hyödyntää luonnollista käyttöliittymää ja ne voivat täydentää monikosketusnäytöllä tehtäviä eleitä.

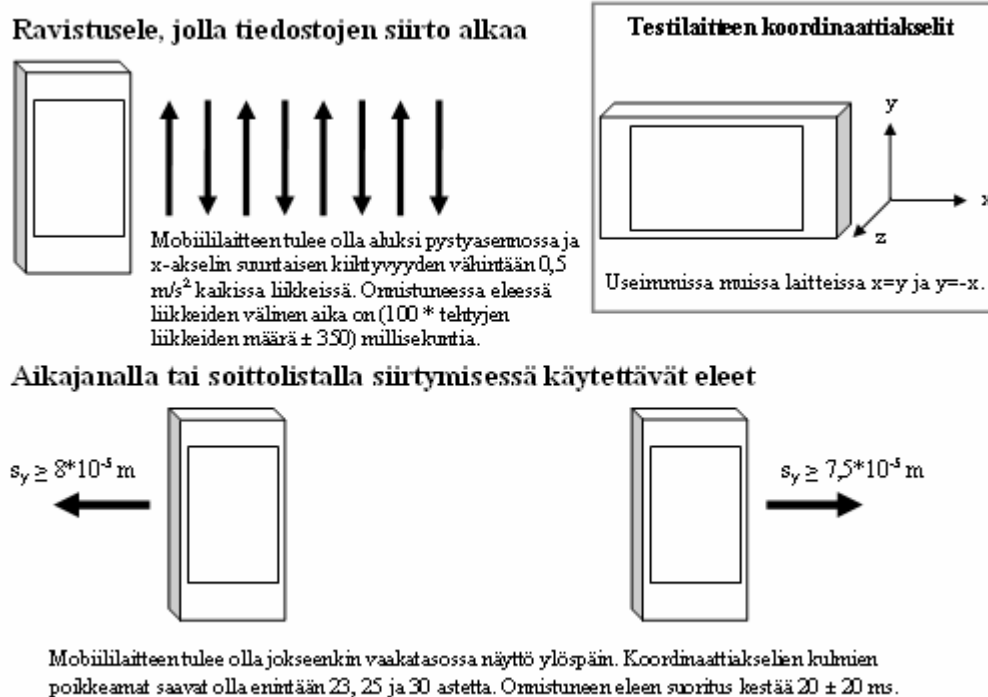
Kiihtyvyysantureita luetaan Qt Mobilityn Sensors-rajapinnan avulla. Sovellusta varten kehitettiin kolme luokkaa, joista yksi periytyy QAccelerometerFilter-luokasta ja kerää tietoa kiihtyvyysanturilta, jota edustaa QAccelerometer-olio. Luokka suodattaa pois pienim-

mät kiihtyvyyden muutokset ja laskee eri akselien suuntaisten kiihtyvyyksien ja kulmien muutokset sekä laitteen kulkeman matkan. Toinen luokka vastaa yksittäistä elettä. Se käyttää tiedonkerääjäluokkaa kiihtyvyyssanturidatan hankintaan sekä vertaa sitä ja kulunutta aikaa määriteltäviin arvoihin. Jos data ja arvot ovat riittävän lähellä toisiaan, ele hyväksytään. Myös monimutkaiset eleet ovat periaatteessa mahdollisia. Ne voidaan tehdä koostamalla yksinkertaisista eleistä. Kolmas luokka vastaa eleiden hallinnasta. Kun jokin sen kuuntelemista eleistä on suoritettu, se lähettää tiedon eteenpäin muille ohjelman osille.

Alun perin suunniteltiin, että laitteiden välisessä vuorovaikutuksessa hyödynnettäisiin TUIO-protokollaa. Esimerkiksi mobiililaitteen heilautus muunnettaisiin tämän protokollan mukaiseksi viestiksi ja lähetettäisiin monikosketusnäytön tietokoneelle, joka tulkitsisi sen kosketuseleeksi ja viestistä riippuen mahdollisesti soveltaisi sitä johonkin määrättyyn käyttöliittymäelementtiin. TUIO-protokollaa ei kuitenkaan käytetty, sillä monikosketuskirjastoksi oli valittu Qt:n oma järjestelmä, joka ei hyödynnä kyseistä tekniikkaa. Lisäksi TUIO-protokollan käyttö (erityisesti Qt-kosketuskirjaston kanssa) olisi tehnyt sovelluksesta ehkä monimutkaisemman kuin oli tarpeen ja mahdollisesti laajentanut opinnäytetyötä liikaa, kun otetaan huomioon, että siihen liittyy useita muitakin osa-alueita.

Mobiililaitteet lähettävät kiihtyvyyssanturieleiden tuloksina merkkijonomuotoisia viestejä monikosketusnäytön tietokoneelle. Ne ovat hyvin lyhyitä ja yksinkertaisia, jotta laitteiden välinen vuorovaikutus olisi nopeaa ja suhteellisen viiveetöntä. Vaikka yksityiskohtaisen mobiililaitteen nopeutta, matkaa, asentoa ja kiihtyvyyttä koskevan numeerisen datan lähettäminen olisi mahdollista, sitä ei toteutettu, koska yksinkertaisenkin tiedon siirto riitti tässä sovelluksessa. Sitä paitsi varsinkin monimutkaiset kiihtyvyyssanturieleet ovat vaikeakäyttöisiä, kuten myös Oulasvirran teoksessa on todettu (Oulasvirta 2011, 202).

Kiihtyvyyssanturieleet esitetään kuviossa 14. Siinä ravistamisen jälkeen olevat heilautuseleet siirtävät kartta- ja mediasoitinnäkymän aikajanaa. Monikosketusnäytön ohjelma voidaan konfiguroida myös siten, että esityksentoistonäkymässä mobiililaitteen heilautuksella voidaan vaihtaa toistettavaa tiedostoa edelliseen tai seuraavaan mediasoitimen ollessa pysäytettynä. Tämä toimii vain ohjelman omassa soittimessa. Kuvion 14 eleiden parametrit löydettiin kokeilemalla.



KUVIO 14. Kiihtyvyyssanturieleet

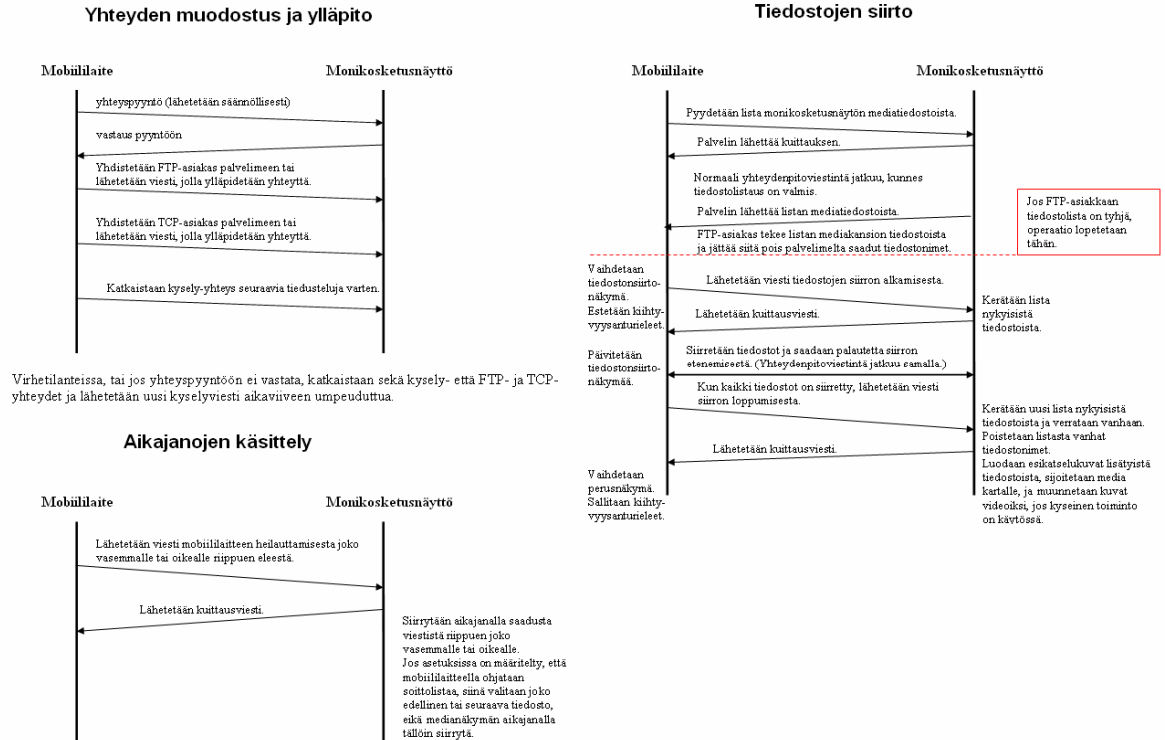
5.9 Laitteiden välisen vuorovaikutuksen toteutus ja testaus

Mobiililaitteen ja monikosketusnäytön välistä vuorovaikutusta varten kirjoitettiin muutama luokka. Näistä yksi vastaa palvelin- tai asiakasolioiden käytöstä sekä niiden ja muun ohjelmiston välisestä viestinnästä. Laitteiden keskinäisessä kommunikaatiossa on kolmenlaisia viestejä: FTP eli tiedostonsiirto, muuta viestintää koskevat merkkijonot sekä kyselyt, joilla selvitetään, onko monikosketusnäyttö mobiililaitteen lähellä ja voidaanko näiden välille muodostaa yhteys. Pääosa viesteistä lähtee asiakkaalta eli mobiililaitteelta; palvelimenä toimiva monikosketusnäytön tietokone enimmäkseen kuuntelee viestejä ja vastaa niihin. Myös palvelin- ja asiakasluokat on tehty osana sovellusta. Edelliset periytyvät Qt:n omasta QTcpServer- ja jälkimmäisistä toinen QFtp- ja toinen suoraan QObject-luokasta. Palvelinluokkien tehtävänä on lähinnä kuunnella tiettyjä portteja sekä toimia niiden ja ohjelman keskinäisten viestien välittäjänä. Asiakasluokat avaavat ja sulkevat yhteyksiä palvelimiin, välittävät tietoliikenneporttien ja ohjelman keskinäisiä viestejä sekä ilmoittavat ohjelmalle verkkoon lähetetystä ja sieltä vastaanotetusta datasta.

Monikosketusnäytön ohjelmassa on kaksi palvelinluokkaa, joista toinen ottaa vastaan kysely- ja toinen laitteiden kommunikointiin liittyviä merkkijonoviestejä. Palvelin voi myös lähettää asiakkaalle viestin. Tätä tarvitaan tiedostojensiirron alkuvaiheessa. Kuitenkaan se ei osaa muodostaa yhteyttä itsensä ja asiakkaan välille. Lisäksi käytetään erillistä FTP-palvelinta tiedostojen vastaanottamiseen. Mobiililaitteen asiakasluokista QFtp:hen pohjautuva luokka vastaa tiedostojen lähetyksestä ja siirron raportoinnista muulle ohjelmalle. Toinen luokka lähettää laitteiden kommunikointia koskevia merkkijonomuotoisia viestejä niitä vastaanottavalle palvelimelle. Mobiililaitteen ohjelmassa oleva kyselyviestien lähetyksen toteutus on toteutettu QTcpSocket-luokalla, jolla voidaan vastaanottaa ja lähettää dataa verkon kautta luku- ja kirjoitusfunktioiden avulla. Laitteiden välisessä merkkijonoviestinnässä käytetään QTcpSocketia. Sekä palvelin- että asiakasluokissa datansiirto tehdään sujuvuuden, toimintavarmuuden ja sovelluksen jatkokehittelyn helpottamisen takia erillisessä QThread-luokasta kehitetyssä säikeessä. Ohjelmoinnissa on käytetty apuna Qt:n mukana tulleita palvelin- ja asiakasohjelmaesimerkkejä, mutta valtaosa koodista on tehty itse.

Palvelin- ja asiakasluokat eivät ota kantaa lähettämiensä tai vastaanottamiensa viestien sisältöön. Poikkeuksena tästä on yhteydenkatkaisuviesti. Palvelin silti lähettää kuittauksen viesteihin, jotta laitteiden välinen yhteys säilyisi ja asiakas tietäisi niiden tulleen perille. Viestien laadinta, analysointi sekä päätökset jatkotoimenpiteistä tehdään kummankin ohjelman pääikkunaluokassa.

Jotta laitteiden välinen vuorovaikutus toimisi, mobiililaitteen ja monikosketusnäytön ohjelmien on tiedettävä palvelinten IP-osoitteet ja portit. Nämä määritellään asetustiedostossa, jossa ne ovat järjestelmän ylläpitäjän muokattavissa. Laitteiden välisessä vuorovaikutuksessa on kolme tärkeää tapahtumaa: yhteyden muodostaminen, tiedostojen siirto ja aikajanajan tai soittolistan käyttö mobiililaitteella. Näiden kulku kerrotaan kuviossa 15. Vaikka laitteiden välinen viestintä on TCP-pohjaista, kuviossa käytetään käsitteitä FTP, TCP ja kysely. Tämä on tehty selvyiden vuoksi. TCP tarkoittaa kuviossa 15 laitteiden väliseen vuorovaikutukseen liittyviä merkkijonoviestejä.



KUVIO 15. Vuorovaikutustapahtumat

Sovellusta sekä laitteiden välistä vuorovaikutusta testattiin CENTRIAn ja Oulun Eteläisen Instituutin RFMedia-laboratoriossa. Laitteistona oli Nokia N900 -puhelin ja Multitouch Cell -monikosketusnäyttö, jota ajoi Windows 7 -työasema. Mobiililaitteen ja PC:n välillä oli langaton lähiverkko. Sen kautta monikosketusnäytön tietokone oli yhteydessä myös Internetiin, jossa on sovelluksen käyttämä Googlen kartta-aineisto.

Mobiililaitteella tallennettiin mediatiedostoja käyttäen itse tehtyjä ohjelmia Ylivieskan keskustassa kahtena eri päivänä. Osa tiedostoista siirrettiin monikosketusnäytön tietokoneelle perinteisin menetelmin. Loput jaettiin kansioihin, jotta koe voitaisiin toistaa helposti. Nämä tiedostot lähetettiin kansio kerrallaan ravistamalla mobiililaitetta monikosketusnäytön läheisyydessä molempien ohjelmien ollessa käynnissä. Tiedostot jätettiin näytön tietokoneelle, jolloin järjestelmän toimintaa voitiin seurata aineiston kasvaessa. Sen jälkeen karttapohjalta valittiin satunnaisesti tiedostoja, joista koottiin aikajanalle niin pitkä esitys, ettei se sopinut aikajanalla näytölle kokonaan. Lopuksi testattiin aikajanalla siirtymistä heilauttamalla mobiililaitetta satunnaisesti vasemmalle ja oikealle.

6 TULOKSET JA POHDINTA

Mobiililaitteen ohjelmisto toimi hyvin, eikä siinä havaittu ongelmia. Sen sijaan testeissä selvisi, ettei monikosketusnäytölle tehty sovellus osannut hyödyntää välityspalvelimia. Tämä voi todennäköisesti korjata helposti.

Viimeisissä testeissä järjestelmä toimi tyydyttävästi työn keskeisimmän aiheen, laitteiden välisen vuorovaikutuksen, osalta. Toisinaan monikosketussovelluksen aikajana näytti liikuvan, vaikka siihen liittyvää elettä ei tehty mobiililaitteella tahallisesti. Syynä on kiihtyvyysanturien hankala ohjelmoitavuus. Tämä ei ole vakavaa ohjelman toiminnan kannalta. Luultavasti ongelman voisi ratkaista tiukentamalla eleiden parametreja. Tiedonsiirron alussa havaittiin joissakin kokeissa pientä viivettä, kun molemmissa laitteissa oli paljon tiedostoja. Tällöin kansioden sisällön listaaminen ja siirto sekä luetteloiden välinen vertailu vievät aikaa. Verkkoyhteyksien hallinnassa ei sen sijaan nähty virheitä. Kokonaisuutena laitteiden välisessä vuorovaikutuksessa ei havaittu pahoja puutteita, ja nykyisetkin ongelmat ovat ehkä ainakin osittain ratkaistavissa.

Tämän opinnäytetyön ensimmäisenä tutkimusongelmana oli, miten mobiililaitte ja monikosketusnäyttö voisivat kommunikoida keskenään sekä miten tämän vuorovaikutuksen voisi järjestää ja toteuttaa. Tähän löydettiin useita vaihtoehtoja. Laitteiden välisessä verkossa langaton tekniikka todettiin langallista paremmaksi joustavuutensa ja tehokkuutensa ansiosta, eikä lankaverkon toteutusta edes nähty mielekkäänä. Langattomissa tekniikoissa on monia vaihtoehtoja, joista IEEE 802.11:n laajennusten mukaiset ovat usein parhaita, koska ne ovat nopeita, monipuolisia, helppoja toteuttaa ja sovellustasolla yhteensopivia useimpien langallisten verkkojen kanssa. Tulevaisuudessa ehkä LTE Advanced on paras toteutustekniikka (luku 4.1). Mobiililaitteen ja monikosketusnäytön verkossakin sovelluskohde on huomioitava. LTE- ja WiFi eivät siis käyne kaikkiin ohjelmistoihin. Eri vaihtoehtoja voidaan tietysti käyttää yhdessäkin. On mahdollista kehittää esimerkiksi sovellus, joka hyödyntää sekä Bluetoothia että WiFi-tekniikkaa laitteiden välisessä vuorovaikutuksessa.

Tiedonsiirtomalleista palvelin–asiakas käy ehkä parhaiten useimpiin sovelluksiin toteutettuna siten, että monikosketusnäytön tietokone palvelee sen verkkoon liittyneitä mobiililaitteita. Toisaalta WiFi-, 3G- tai LTE-tekniikalla toteutettava vertaisverkkomalli voi sopia

hyvin järjestelmiin, joissa tietoa jaetaan useiden laitteiden kesken. Tiedonsiirtoprotokollista TCP on useimmiten paras, koska se on luotettava ja mahdollistaa verkkoyhteyksien hallinnan. TCP:hen perustuu myös moni yleisesti käytössä olevista yhteyskäytännöistä, kuten Internet-sivujen siirtoon liittyvä HTTP ja tiedostonsiirtoprotokolla FTP. Kuitenkin myös UDP sopii vuorovaikutusprotokollaksi esimerkiksi lähetettäessä vähän tietoa nopeasti. Jos laitteiden välillä siirretään TUIO-viestejä, se voidaan toteuttaa UDP:llä, joka toimii oletuksena kyseisen yhteyskäytännön pohjalla. Toinen UDP:n sovellus on SNMP-verkonhallintaprotokolla, jolla voidaan esimerkiksi hakea tietoa laitteiden ominaisuuksista.

Tietoja hankittaessa etsittiin muutama mobiililaitetta ja monikosketusnäyttöä hyödyntävä sovellus (luku 4.4). Niissä tiedonsiirto on useimmiten langatonta ja ne voivat käyttää useitakin tekniikoita. Löydettyissä sovelluksissa tyypillisesti mobiililaitteet keräävät tietoa, jonka monikosketusnäyttö esittää tai jota kyseisen näytön tietokone jakaa muille laitteille.

Toisena tutkimusongelmana oli mobiililaitteen ja monikosketusnäytön välisten vuorovaikutusmenetelmien soveltaminen ohjelmistoissa. Tähänkin löydettiin useita tapoja. Näistä yleisin on ehkä tiedostojen siirto laitteiden välillä. Lisäksi voidaan esimerkiksi lähettää käyttäjän tekemiä toimenpiteitä TUIO-viesteinä, joiden pohjalta luodaan kosketustapahtumia. Laitteiden välillä voidaan myös jakaa resursseja. TUIO-protokollan käyttö liittyy sovelluskohteeseen, jossa mobiililaitteet voisivat toimia monikosketusnäytön syöttölaitteina tai päinvastoin. Kuitenkaan tämä protokolla ei ole ainoa toteutustapa, vaan sille on monia vaihtoehtoja, kuten TCP-pohjaiset menetelmät.

Eräs käytännön ratkaisu tähän tutkimusongelmaan on tässä työssä kehitetty sovellus. Siinä mobiililaitteen ja monikosketusnäytön välinen tiedonsiirto tehdään IEEE 802.11:n mukaisessa WLANissa. Verkossa käytetään palvelin–asiakas-mallia, jossa mobiililaitteet toimivat asiakkaana ja monikosketusnäytön tietokone palvelimena. Yhteyskäytännönä on TCP, johon perustuu laitteiden välinen FTP-tyyppinen tiedostojensiirto, vuorovaikutukseen liittyvät merkkijonoviestit sekä yhteyden muodostaminen.

Kolmantena tutkimusongelmana oli, millainen käytettävyys mobiililaitetta ja monikosketusnäyttöä hyödyntävissä sovelluksissa on ja miten sitä voisi kehittää. Käytettävyyden pääteltiin olevan hyvä erityisesti, jos käyttöliittymästä tehdään luonnollinen. Sopiva vuorovaikutussuunnittelu voi kuitenkin olla vaikeaa. Työssä pohdittiin, että on huomioitava useita

asioita paitsi mobiili- ja monikosketusteknologioista myös eri laitteiden yhteiskäytöstä. Käytettävyysteorioissa esitettyjen resurssien hyödyntämistä ja niihin sopimista sekä monitehtäväympäristöä koskevien ajatusten pääteltiin pitävän paikkansa erityisesti laitteiden välisessä vuorovaikutuksessa. Perinteisistä käyttöliittymistä tutut opit loogisesta ja keskeisen informaation esittämiseen keskittyvästä suunnittelusta nähtiin kenties entistä tärkeämmiksi, koska käyttäjän huomiota jakavia resursseja hyödynnetään paljon.

Toisaalta mobiililaitteen ja monikosketusnäytön välistä vuorovaikutusta käyttäviä sovelluksia on suhteellisen vähän, joten tällaisten järjestelmien käytettävyyden nykytilasta ei oikeastaan ole tietoa. Varsinaisia kehitysideoita on siis vaikea ottaa vastaan. Monet näistä sovelluksista on jo suunniteltu intuitiivisiksi ja helppokäyttöisiksi. Ehkä mahdollisimman luonnollinen käyttöliittymä ja molempien laitteiden ominaisuuksien monipuolinen hyödyntäminen tilannetta ja sovellusta ajatellen ovatkin hyviä tapoja tehdä tuotteesta käytettävä. Harkittu automatiikka tai kontekstietoisuus voivat osaltaan parantaa mobiililaitteen ja monikosketusnäytön väliseen vuorovaikutukseen liittyvien sovellusten käytettävyyttä.

Työn tavoitteena mobiililaitetta ja monikosketusnäyttöä hyödyntävän ohjelmiston kehittäminen, siihen mahdollisesti liittyvien vuorovaikutusongelmien ratkaisu sekä aiheetta koskevan teknologian käytettävyyden tutkiminen. Viimeisestä tavoitteesta vastasi OEI tekemällä käytettävyystestejä opinnäytetyössä kehitetyllä monikosketussovelluksella.

Työssä kehitettiin tutkimusaiheeseen liittyvä ohjelmisto. Työkaluina oli ensisijaisesti C++ ja Qt, mutta myös GStreameria ja Google Maps JavaScript APIa käytettiin. Mobiililaitteena oli Nokia N900 -puhelin ja monikosketusnäyttönä Multitouch Cell, jonka tietokoneen käyttöjärjestelmänä oli monikosketusta tukeva Windows 7. Työssä käytettiin erillistä FTP-palvelinohjelmistoa, joka asennettiin monikosketusnäytön tietokoneeseen. Sovelluskehityksen lisäksi tutkimusaihetta pohdittiin kerätyn aineiston ja kokemusten pohjalta erityisesti vuorovaikutusta ja siihen liittyvää käytettävyyttä koskevissa kysymyksissä.

Toteutettu ohjelmisto käyttää sekä mobiililaitetta että monikosketusnäyttöä, ja siinä sovelletaan kummankin laitteen ominaisuuksia sekä niiden välistä vuorovaikutusta. Laitteiden välisen kommunikoinnin toteutus suunniteltiin hyvin, eikä siinä ilmennyt ongelmia. Tehdyssä sovelluksessa laitteiden välillä on vuorovaikutusta langattomassa lähiverkossa. Protokollana on TCP. Osa tästä interaktiosta tapahtuu ilman käyttäjän aktiivista toimintaa,

osassa taas tämä on vahvasti mukana. Jälkimmäisessä tapauksessa hyödynnetään mobiililaitteen kiihtyvyysantureita, mikä osaltaan tekee käyttöliittymästä luonnollisen. Opinnäytetyössä käytettävyys huomioitiin lukemalla aiheeseen liittyvää kirjallisuutta, jossa esitettyjä ajatuksia pyrittiin hyödyntämään sovellusta kehitettäessä. Esimerkiksi palautteen ja näytettävän informaation määrään on kiinnitetty huomiota erityisen paljon, ja osa toiminnoista on automatisoitu. Järjestelmää esiteltiin RFMedia-laboratorion avoimet ovet -tapahtumassa sekä OEI:n käytettävyystesteissä, joissa saatiin muutamia varsinkin monikosketusnäytön ohjelmaan liittyviä toiveita ja kommentteja. Monet näistä pyynnöistä toteutettiin, kuten kartan liikesuunnan muuttaminen sekä mahdollisuus yksittäisten mediatiedostojen toistoon. Palaute edisti osaltaan sovelluksen käytettävyttä.

Mobiililaitteen ja monikosketusnäytön vuorovaikutusta hyödyntävä järjestelmä voidaan nähdä osana joka paikan tietotekniikkaa. Se on teknologiaa, joka on kaikkialla mutta huomaamaton eikä rasita käyttäjiään (Oulasvirta 2011; Jones & Marsden 2006). Sekä pieni mobiililaitte että suuri monikosketusnäyttö ovat esimerkkejä tästä tekniikasta (Oulasvirta 2011). Oikein toteutettuna näiden laitteiden välinen vuorovaikutus sopii siis erinomaisesti helppokäyttöisen, kaikkialla olevan tietotekniikan ajatukseen. Tässä työssä toteutettu ohjelmisto soveltaa kumpaakin laitetta ja niiden välistä yhteistoimintaa sekä pyrkii olemaan helppokäyttöinen ja hyödyllinen. Järjestelmä voidaan nähdä Oulasvirran teoksessa kuvailtujen ubiikkiteknologian pääsuuntausten yhdistäjänä (vertaa Oulasvirta 2011). Sovelluksessa on myös piirteitä molemmista Jonesin ja Marsdenin määrittelemistä laitteiden yhteiskäyttötavoista: tiedostojen siirto mobiililaitteelta monikosketusnäytölle muistuttaa laitteiden asynkronista ja näytön alareunan aikajanalla siirtyminen mobiililaitetta hyödyntäen synkronista yhteiskäyttöä (vertaa Jones & Marsden 2006). Läsä-älyyn liittyy kontekstietoisuutta (Oulasvirta 2011; Jones & Marsden 2006). Sovelluksessa sitä hyödynnetään jossain määrin: käyttäjä ei voi käynnistää mediantallennusohjelmaa, jos mobiililaitteen sijaintia ei tiedetä, koska paikkatieto tarvitaan median esittämisessä kartalla; mobiililaitte liittyy monikosketusnäytön tietokoneen verkkoon automaattisesti ja antaa käyttäjälle tietoa, miten sitä voidaan hyödyntää näytön kanssa. Kontekstietoisuus liitetään informaatioekologia-ajatteluun, jossa tuote sopii ympäristöönsä ja hyödyntää sitä (Jones & Marsden 2006; Sinkkonen ym. 2006). Toteutettu sovellus on jossain määrin tämän ajattelun mukainen, sillä kontekstietoisuuden lisäksi se kerää ympäristöstä tietoa ja antaa sitä käyttäjille sekä hyödyntää muita ohjelmistoja ja Internetiä. Myös hyvä käytettävyys on nähty tärkeänä sovellusta tehtäessä. Tässä on käytetty hyväksi asiantuntijoiden esittämiä luonnolliseen käyt-

töliittymään ja johdonmukaiseen suunnitteluun liittyviä periaatteita (vertaa Jones & Marsden 2006; Sinkkonen ym. 2006; Oulasvirta 2011).

Mobile Multitouch -sovelluksen voidaan ajatella olevan ubiikkiteknologiaa. Oulasvirta sekä Jones ja Marsden näkevät varsinkin mobiililaitteet tällaisen tekniikan osana, ja erityisesti Oulasvirran teoksessa mainitaan yleisesti laitteiden yhteiskäytön liittyvän tähän teemaan (Jones & Marsden 2006; Oulasvirta 2011). Tähän opinnäytetyöhön on myös koottu ja siinä on lueteltu eri tutkijoiden ajatuksia tietoverkoista, tiedonsiirrosta ja käyttöliittymistä. Niitä on lisäksi vertailtu keskenään ja pohdittu mobiililaitteen ja monikosketusnäytön välisen vuorovaikutuksen näkökulmasta. (luku 4.) Kerätty ja saatu tieto voinee toimia aineistona vastaaville tutkimuksille tai sovelluksille.

Työ on kokonaisuutena hyvin laaja ja monipuolinen, koska siinä on mobiili- ja monikosketusteknologiaa sekä niiden välistä vuorovaikutusta. Se on myös luultavasti onnistunut, sillä tehty sovellus toimii esittelykelpoisesti ja aiheesta saatiin tietoa. Tilaajan kanssa yhdessä laadittuun suunnitelmaan pystyttiin löytämään tavoitteiden mukainen ratkaisu. Tehdyissä ohjelmissa kumpaakin laitetta sovelletaan paljon. Tosin käyttäjälähtöinen viestintä mobiililaitteelta monikosketusnäytölle voi vaikuttaa rajalliselta, koska siinä hyödynnetään vain kiihtyvyysantureita. Kuitenkin se on ohjelmoitu niin, että tiedon syötössä voidaan periaatteessa käyttää esimerkiksi mobiililaitteen näytöllä tehtäviä kosketuseleitä. Lisäksi käyttäjälähtöisyyttä täydentää automaattinen viestintä. Laitteiden kommunikoinnissa on vaihtelevuutta: tiedostoja ja muuta dataa siirretään, ja laitteita käytetään yhdessä ja erikseen.

Mobile Multitouch -sovellukseen liittyy monia jatkokehitysmahdollisuuksia. Tässä työssä esittelyasteelle kehitettyä versiota voidaan parantaa esimerkiksi lisäämällä tuki usealle yhtäaikaiselle käyttäjälle, kehittämällä metadatan tallentamista tai monipuolistamalla laitteiden välistä vuorovaikutusta. Qt-kirjastot ovat alustariippumattomia, joten ohjelmistojen siirtäminen muille käyttöjärjestelmille on mahdollista. Tällä voidaan esimerkiksi kasvattaa sovelluksen kanssa yhteensopivien mobiililaitteiden määrää. On myös esitetty ajatuksia mahdollisuudesta syöttää käsin tekstidataa mediatiedostoihin, sosiaalisen median hyödyntämisestä sekä useiden monikosketusnäyttöjen verkostosta.

LÄHTEET

5G Technology. 2011. 5G. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://5g1.org>. Luettu 27.8.2011.

A GIS-oriented Demo Built with the New IntuiLab's IntuiFace Maps Product. 2010. IntuiLab. Video. Saatavissa: <http://www.youtube.com/watch?v=b88PlcROy74>. Katsottu 11.2.2012.

About Foursquare. 2011. Foursquare. Www-dokumentti. Saatavissa: <https://foursquare.com/about>. Luettu 22.6.2011.

Akten, M. & Kaltenbrunner, M. 2011. TUIOpad – Open Source TUIO App for iOS based on OpenFrameworks. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://code.google.com/p/tuiopad/>. Luettu 12.10.2011.

Albinsson, P.-A. & Zhai, S. 2003. High Precision Touch Screen Interaction. Ft. Lauderdale (FL): ACM Press.

Amnesia Razorfish Announces Gesture Sharing for Smartphones and Tablets using Microsoft Surface (Press Release). 2011. Amnesia Razorfish. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.amnesiarazorfish.com.au/2011/01/amnesia-razorfish-announces-gesture-sharing-for-smartphones-and-tablets-using-microsoft-surface-press-release/>. Luettu 15.6.2011.

Arokoski, A., Jääskeläinen, J., Kontio, M., Köykkä, S., Raatikainen, S., Tervo, T. & Viirima, K. 2002. Mobiiliteknologiat. Helsinki: Edita.

Blake, J. 2009. WIMP is to GUI as OCGM (Occam) is to NUI. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://nui.joshland.org/2009/12/wimp-is-to-gui-as-ocgm-occam-is-to-nui.html>. Luettu 11.10.2011.

Buxton, B. 2007. Multi-Touch Systems that I Have Known and Loved. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.billbuxton.com/multitouchOverview.html>. Muutettu 21.3.2011. Luettu 15.6.2011.

C# Essentials. 2007. Techtopia. Muutettu 2009. Techtopia.com.

Ciccarelli, P. & Faulkner, C. 2004. Networking Foundations. Alameda (CA): Sybex.

CityWall. 2009. CityWall.org. Www-dokumentti. Saatavissa: http://citywall.org/index_fi.html. Luettu 22.6.2011.

Datame Oy:n 4G-langaton verkko käynnistyy – Huawei toimittaa. 2010. Finnet. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.finnet.fi/index/uutiset/SubKWm4LB.html>. Luettu 13.2.2012.

Data Transfer over the Web and Client-Server Interaction. 2011. Web Developers Notes. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.webdevelopersnotes.com/basics/datatransfer.php3>. Luettu 9.10.2011.

Elers, N. 2011. Peer-to-peer-verkot (p2p) eli vertaisverkot. Www-dokumentti. Saatavissa: http://www.ficom.fi/tietoa/tietoa_4_1.html?Id=1057649741.html. Luettu 30.6.2011.

Facts about the Mobile. A Journey through Time. 2006. Mobilen 50 år. Pdf-tiedosto. Saatavissa: www.mobilen50ar.se/eng/FaktabladENGFinal.pdf. Luettu 15.6.2011.

Fair Frankfurt – Architectural Design Review in VR. 2011. Fraunhofer IGD. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.igd.fraunhofer.de/en/Institut/Abteilungen/Virtuelle-und-Erweiterte-Realit%C3%A4t/Projekte/Fair-Frankfurt-Architectural-Design->. Luettu 20.2.2012.

Fitzek, F. H. P., Pennanen, H. & Rintamäki, J. 2010. Qt for Symbian. Hoboken (NJ): Wiley.

Google Maps Javascript API V3. 2011. Google. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://code.google.com/intl/fi-FI/apis/maps/documentation/javascript/>. Luettu 31.10.2011.

GoSkyWatch Planetarium. 2010. GoSoftWorks. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.gosoftworks.com/GoSkyWatch/GoSkyWatch.html>. Luettu 22.6.2011.

George, R. 2009. OCGM (pronounced Occam[’s Razor]) is the replacement for WIMP. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://blog.rongearge.com/design/ocgm-pronounced-occams-razor-is-the-replacement-for-wimp/>. Luettu 18.2.2012.

Gessner, C. 2008. UMTS Long Term Evolution (LTE) Technology Information. Pdf-tiedosto. Saatavissa: http://www2.rohde-schwarz.com/file/1MA111_2E.pdf. Luettu 9.10.2011.

History of Mobile Phone. 2005. IEEE Macau. Www-dokumentti. Saatavissa: http://ieeemacau.eee.umac.mo/ieee_student/history%20of%20mobile%20phone.htm. Luettu 18.6.2011.

How the Technology Works: Core Specifications. 2011. Bluetooth Special Interest Group. Www-dokumentti. Saatavissa: <https://www.bluetooth.org/Building/HowTechnologyWorks/CoreSpecifications.htm>. Luettu 15.6.2011.

Hoye, T. & Kozak, J. 2010. Touch Screens: A Pressing Technology. Pdf-tiedosto. Saatavissa: <http://136.142.82.187/eng12/history/2010/pdf/1118.pdf>. Luettu 23.6.2011.

Ihmisen ja tietokoneen vuorovaikutus. 2011. Toim. Oulasvirta, A. Helsinki: Gaudeamus.

Infrared Networking – How to Establish an Infrared Network? 2011. WiFiNotes. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.wifinotes.com/computer-networks/infrared-network.html>. Luettu 3.7.2011.

Janevski, T. 2009. 5G Mobile Phone Concept. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://ieeexplore.ieee.org/Xplore/login.jsp?url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fie>

15%2F4784683%2F4784684%2F04784727.pdf%3Farnumber%3D4784727&authDecision=-203. Luettu 28.8.2011.

Jauhiainen, J. 2010. Ohjelmointikirjasto monikosketussovellusten kehittämiseen. Opinnäytetyö. Keski-Pohjanmaan ammattikorkeakoulu. Mediatekniikan koulutusohjelma.

JazzMutant – Multitouch Controllers for Audio Production, Live Music and Media Performance. 2011. JazzMutant. Www-sivusto. Saatavissa: <http://www.jazzmutant.com>. Luettu 26.6.2011.

Jones, M. & Marsden, G. 2006. Mobile Interaction Design. Chichester: Wiley.

Kaltenbrunner, M., Bovermann, T., Bencina, R. & Costanza, E. 2005. TUIO – A Protocol for Table-Top Tangible User Interfaces. Proceedings of the 6th International Workshop on Gesture in Human-Computer Interaction and Simulation (GW 2005). Vannes.

Kompai – Kaverirobotti. Video palvelurobotista. 2011. Tuotanto: CENTRIA Research and Development. Ylivieska. Saatavissa: <http://www.youtube.com/watch?v=PVAHkl6-3IU>. Katsottu 15.2.2012.

Kristoff, J. 2000. The Transmission Control Protocol. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://condor.depaul.edu/jkristof/technotes/tcp.html>. Luettu 9.10.2011.

Landström, R. 2008. Maaailman ensimmäinen GSM-puhelu. Www-dokumentti. Saatavissa: http://www.yle.fi/elavaarkisto/artikkelit/maailman_ensimmainen_gsm-puhelu_28637.html#media=28640. Luettu 13.2.2012

Long Term Evolution. 2007. Motorola. Pdf-tiedosto. Saatavissa: http://www.motorola.com/web/Business/Solutions/Industry%20Solutions/Service%20Providers/Wireless%20Operators/LTE/_Document/Static%20Files/6833_MotDoc_New.pdf. Luettu 9.10.2011.

LTE. 2009. 3G Partnership Program. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.3gpp.org/LTE>. Muutettu 2011. Luettu 9.10.2011.

LTE Advanced. 2011. 3G Partnership Program. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.3gpp.org/lte-advanced>. Luettu 9.10.2011.

Luimula, M. 2010. Nokia OVI Map Based User Interface for Wireless Sensor Network, CENTRIA Experiences. Pdf-tiedosto. Saatavissa: <http://www.rfmedia.fi/wams2010/12th%20Oct%20Session%201%20Smart%20Environments%20and%20Environmental%20Monitoring/5%20-%20Nokia%20OVI%20Map%20Based%20User%20Interface%20for%20Wireless%20Sensor%20Network%20-%20Mika%20Luimula.pdf>. Luettu 19.2.2012.

Meador, J. 2010. Stantum Multi-Touch Offers New Multi-Touch Possibilities. Pdf-tiedosto. Saatavissa: <http://www.stantum.com/en/medias/whitepapers>. Luettu 15.6.2011.

- Microsoft Surface Fact Sheet. 2007. Microsoft. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.microsoft.com/presspass/presskits/surfacecomputing/docs/MSSurfaceFS.doc>. Luettu 19.12.2011.
- Miller, P. 2009. Stantum's Mind-Blowing Multitouch Interface on Video! Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.engadget.com/2009/02/19/stantums-mind-blowing-multitouch-interface-on-video/>. Luettu 15.6.2011.
- MultiTouch. 2012. MultiTouch Ltd. Www-sivusto. Saatavissa: <http://www.multitouch.fi>. Luettu 11.2.2012.
- Multi-touch Comes to Resistive Touchscreens. 2009. UMPCPortal. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.umpcportal.com/2009/02/multi-touch-comes-to-resistive-touchscreens/>. Luettu 15.6.2011.
- O'Hara, B. & Petrick, A. 1999. IEEE 802.11 Handbook: A Designer's Companion. New York: IEEE Press.
- Ojanperä, V. 2011. Monikosketus tuli resistiiviselle näytölle. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.proessori.fi/uutiset/uutinen2.asp?id=57463>. Luettu 15.6.2011.
- Peltoniemi, J. 2011. Monikosketus ja mikroskooppi yhteen. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.proessori.fi/uutiset/uutinen2.asp?id=57570>. Luettu 22.6.2011.
- Reactable. 2009. Reactable Systems. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://reactable.com>. Muutettu 2011. Luettu 30.6.2011.
- Rouget, P. 2010. Firefox 4 Beta: Latest Update is Here – Experimenting With Multi-touch. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://hacks.mozilla.org/2010/08/firefox4-beta3/>. Luettu 28.8.2011.
- Schwirten, T. & Kaltenbrunner, M. 2011. TUIOdroid – Open Source TUIO App for Android. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://code.google.com/p/tuiodroid/>. Luettu 12.10.2011.
- Shirky, C. 2000. What is P2P ... and what isn't. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://openp2p.com/pub/a/p2p/2000/11/24/shirky1-whatisp2p.html>. Luettu 30.6.2011.
- Sinkkonen, I., Kuoppala, H., Parkkinen, J. & Vastamäki, R. 2006. Käytettävyyden psykologia. 3. painos. Helsinki: Edita.
- Stewart, R. 2010. AIR 2 Multitouch Gestures and the 3D Google Maps Flash API. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://blog.digitalbackcountry.com/2010/04/air-2-multitouch-gestures-and-the-3d-google-maps-flash-api/>. Luettu 11.2.2012.
- Talvala, E.-V. & Adams, A. 2011. FCam API. Www-sivusto. Saatavissa: <http://fcam.garage.maemo.org/>. Luettu 5.1.2012.
- Taymans, W., Baker, S., Wingo, A., Bultje, R. S. & Kost, S. 2011. GStreamer Application Development Manual (0.10.35.1). Pdf-tiedosto. Saatavissa:

<http://gstreamer.freedesktop.org/data/doc/gstreamer/head/manual/manual.pdf>. Luettu 31.10.2011.

Tekesin UBICOM-workshop. 2011. Tekes. Pdf-tiedosto. Saatavissa:

http://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=ppo%20centria%204g&source=web&cd=1&ved=0CD0QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.tekes.fi%2Ffi%2Fgateway%2FPTARGS_0_201_349_473_1321_43%2Fhttp%253B%2Ftekes-ali1%253B7087%2Fpublishedcontent%2Fpublish%2Ffi_content%2Fevents%2Fubicom_workshop_centria.pdf&ei=rmE5T9KJIYbd4QSMnrShCw&usg=AFQjCNGfeferAqbBXDCsopGdGJAOx9S7cQ&cad=rja. Luettu 13.2.2012.

Tervetuloa Ubiikkiin Ouluun. 2009. UBI Oulu. Www-sivusto. Saatavissa:

<http://www.ubioulu.fi>. Muutettu 2011. Luettu 15.6.2011.

Touch Topics. 2009. 3M. Www-sivusto. Saatavissa:

http://solutions.3m.com/wps/portal/3M/en_US/TouchTopics/Home/. Luettu 15.6.2011.

UPDD TUIO Server. 2011. Touch-Base. Www-dokumentti. Saatavissa: <https://touch-base.com/documentation/TUIO.htm>. Luettu 10.10.2011.

User Datagram Protocol. 2011. The Computer Technology Documentation Project. Www-dokumentti. Saatavissa:

<http://www.comptechdoc.org/independent/networking/guide/netudp.html>. Luettu 10.10.2011.

Vacca, J. 2003. Wireless Data Demystified. Blacklick (OH): McGraw-Hill.

Vainikainen, T. 2005. Finnish Translations for GStreamer Package. Www-dokumentti.

Saatavissa: http://nesl.ee.ucla.edu/fw/han/old_machine_backup/overo-oe/tmp/work/armv7a-angstrom-linux-gnueabi/gstreamer-0.10.29-r0/gstreamer-0.10.29/po/fi.po. Muutettu 2010. Luettu 11.2.2012.

Virolainen, A., Paldanius, M., Lehtiö, A. & Häkkinen, J. 2011. Projector-based Multi-touch Screen for Situated Interaction with a Mobile Phone. Pdf-tiedosto. Saatavissa: www.mhci.uni-due.de/mp2/pdf/virolainen_mp2.pdf. Luettu 13.10.2011.

VTT:n tekniikalla pinnasta kuin pinnasta monikosketusnäyttö. 2010. VTT. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/news/2010/05252010.jsp>. Luettu 22.6.2011.

Väisänen, J. & Jauhainen, J. 2010. Seq1: an aleatoric music sequencer for the realtime creation of soundscapes. Pdf-tiedosto. Saatavissa:

http://www.mindtrek.org/2010/material/seq1_an_aleatoric_music_sequencer_academic_mindtrek2010.pdf. Luettu 11.2.2012.

What is the Internet? 2011. InetDaemon. Www-sivusto. Saatavissa:

<http://www.inetdaemon.com/tutorials/internet/index.shtml>. Luettu 9.10.2011.

Windows Touch. 2011. Microsoft Corporation. Www-dokumentti. Saatavissa:

<http://windows.microsoft.com/en-US/windows7/products/features/touch>. Luettu 22.6.2011.

Ziegler, C. 2011. 2G, 3G, 4G and Everything in Between: An Engadget Wireless Primer. Wwww-dokumentti. Saatavissa: <http://www.engadget.com/2011/01/17/2g-3g-4g-and-everything-in-between-an-engadget-wireless-prim/>. Luettu 18.6.2011.